

DE ACORDO COM  
O NOVO PROGRAMA

3.º ano

1.º ano  
2.º ano  
3.º ano  
4.º ano  
5.º ano  
6.º ano  
7.º ano  
8.º ano  
9.º ano  
10.º ano  
11.º ano  
12.º ano

Helder Lange / Nelo José Orluque

# Matemática

LIVRO DO ALUNO

1.º ano  
2.º ano  
3.º ano  
4.º ano  
5.º ano  
6.º ano  
7.º ano  
8.º ano  
9.º ano  
10.º ano  
11.º ano  
12.º ano

505

9.

---

9.<sup>a</sup> classe

Heitor Langa  
Neto João Chuquela

# Matemática



# Baixar Livros & Exames em PDF

Somos o portal [MozEstuda.com](http://MozEstuda.com), um espaço dedicado à educação e ao conhecimento. Fornecemos links para o **download gratuito** de materiais de acesso livre, incluindo [exames anteriores](#), [livros e diversos PDFs](#) educacionais. Nosso objetivo é facilitar o aprendizado e a pesquisa, sempre respeitando os direitos autorais e promovendo o acesso legítimo ao conhecimento. Se você apreciou este conteúdo, considere apoiar os autores e editoras adquirindo versões oficiais sempre que possível. Todos os direitos autorais pertencem aos respectivos criadores e detentores de direitos. **Não vendemos nem lucramos com as obras disponibilizadas.** Aproveite e compartilhe com outros estudantes!

Para baixar livros em PDF, acesse [biblioteca.mozestuda.com](http://biblioteca.mozestuda.com) e pesquise o título desejado na barra de pesquisa. Ou, se preferir, siga/ Clique os links abaixo:

**BAIXAR TODOS LIVROS ESCOLARES** — MOÇAMBIQUE

Toque no **nome da Classe** para Baixar todos livros em PDF

**12ª CLASSE**

**11ª CLASSE**

**10ª CLASSE**

**9ª CLASSE**

**8ª CLASSE**

**7ª CLASSE**

**6ª CLASSE**

**5ª CLASSE**

**4ª CLASSE**

**3ª CLASSE**

**2ª CLASSE**

**1ª CLASSE**

**BAIXAR TODOS MÓDULOS ESCOLARES** —

**MÓDULOS DO I CICLO**

**MÓDULOS DO II CICLO**

**LIVROS POR DISCIPLINAS - TODAS**

# BAIXAR EXAMES DA **6ª CLASSE** – MOÇAMBIQUE

Toque no **nome da disciplina** para Baixar todos exames em PDF

**C. NATURAIS**

**C. SOCIAIS**

**MATEMÁTICA**

**PORTUGUÊS**

# BAIXAR EXAMES DA **10ª CLASSE** – MOÇAMBIQUE

Toque no **nome da disciplina** para Baixar todos exames em PDF

**BIOLOGIA**

**FÍSICA**

**GEOGRAFIA**

**HISTORIA**

**INGLÊS**

**MATEMÁTICA**

**PORTUGUÊS**

**QUÍMICA**

# BAIXAR EXAMES DA **12ª CLASSE** – MOÇAMBIQUE

Toque no **nome da disciplina** para Baixar todos exames em PDF

**BIOLOGIA**

**DGD**

**FILOSOFIA**

**FÍSICA**

**FRANCÊS**

**GEOGRAFIA**

**HISTÓRIA**

**INGLÊS**

**MATEMÁTICA**

**PORTUGUÊS**

**QUÍMICA**

**TODOS EXAMES**

**TODOS EDITAIS**

**TODOS LIVROS**

# BAIXAR EXAMES DE **ADMISSÃO** — MOÇAMBIQUE

Toque no **nome da Instituição** para Baixar todos exames em PDF

**IFP** / Formação de Professores

**UEM**

**UJC/ ISRI**

**ISPG**

**ISPSONGO**

**AC. MILITAR**

**PRM**

**ISCAM**

**ICS** — SAÚDE — ENSINO MÉDIO

**ETP** / Ensino técnico Profissional

**UP** / UniRios: Save, Rovuma, Licungo, ...

**UNIZAMBEZE**

**ISPT**

**ISCISA**

**ACIPOL**

**CFJJ**

**IFAPA**

**EDITAIS**

**ENEM**

**VESTIBULARES**

**ENCCEJA**

**TODOS EXAMES**



## **Visão geral das conteúdos da Matemática da 9.ª classe**

### **1.ª Unidade: Números reais e radiciação**

- Números racionais
- Números reais
- Radiciação

### **2.ª Unidade: Inequações lineares e sistemas de inequações lineares com uma variável**

- Intervalos reais
- Inequações lineares com uma variável
- Sistemas de inequações lineares com uma variável

### **3.ª Unidade: Monômios e polinômios**

- Monômios
- Polinômios

### **4.ª Unidade: Equação quadrática**

- Equação quadrática

### **5.ª Unidade: Função quadrática**

- Função quadrática

### **6.ª Unidade: Quadriláteros**

- Quadriláteros

### **7.ª Unidade: Noções básicas de Estatística**

- Estatística
- Recolha, organização e apresentação de dados estatísticos
- Medidas de tendência central

### **8.ª Unidade: Semelhança de triângulos**

- Homotetias
- Razões e proporções
- Semelhança de triângulos

### **9.ª Unidade: Áreas e volumes de sólidos geométricos**

- Poliedros
- Prismas
- Pirâmides
- Sólidos de revolução

## APRESENTAÇÃO

A Matemática é uma disciplina fundamental não só para elevar o nível científico dos alunos, mas também porque é uma “ferramenta” indispensável na formação técnica dos alunos.

Este manual foi elaborado segundo o Programa de Matemática para a 9.ª classe aprovado pelo MEC. Um dos objectivos deste livro é ilustrar e demonstrar a aplicação de cada unidade na prática do quotidiano e foi estruturado de modo a promover a autonomia do aluno no seu estudo. Consequentemente, o livro apresenta vários exercícios ao longo de cada unidade temática e termina com uma avaliação formativa para o aluno conferir se assimilou a matéria essencial, aferir o grau de desenvolvimento do seu estudo e, também, como preparação para a avaliação escrita.

No fim do livro são disponibilizadas as soluções de todos os exercícios que servem para o aluno verificar a exactidão dos seus resultados. No caso do aluno sentir dificuldades ao resolver determinado exercício, não deve recorrer de imediato às soluções, mas fazer todo o esforço para o resolver, discutir com os colegas, voltar aos exercícios anteriores, etc. É no processo de resolução de um problema que se aprende matemática e não no processo de copiar uma solução já feita.

Esperamos que este livro, em parceria com o professor, se revele um instrumento fundamental à aprendizagem desta importante e exigente disciplina.

*Os autores*



# EXPLORAÇÃO DO MANUAL

## Como utilizar o manual?

O manual **Matemática 9.ª classe** pretende aplicar, de uma forma pedagógica-mente adequada, as linhas orientadoras do currículo do Ensino Secundário Geral conjugadas com os conteúdos da disciplina de Matemática da 9.ª classe. Está estruturado em nove unidades temáticas e as competências e as orientações do programa são desenvolvidas de forma coerente e funcional.

## Em cada unidade temática encontra:

### Dupla página de abertura da unidade

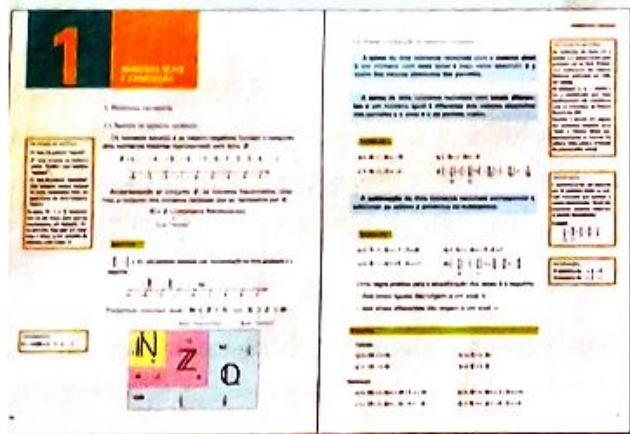
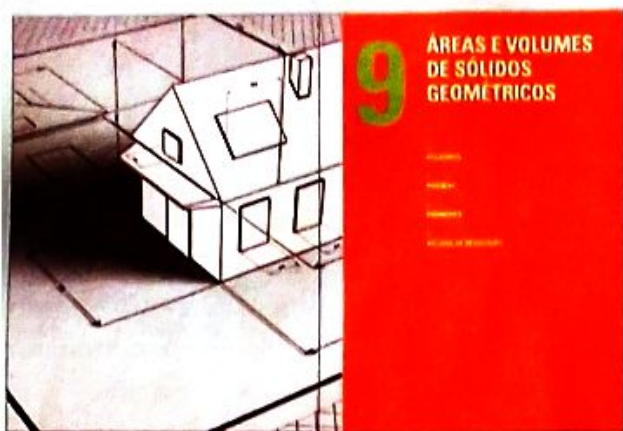
Imagem sugestiva relacionada com os conteúdos a abordar.

### Desenvolvimento de conteúdos

Textos, imagens, esquemas e tabelas com informação rigorosa.

### Avaliação formativa

Relaciona os conteúdos abordados permitindo uma auto-avaliação.





## Para a consolidação dos conteúdos:

### Conhecimento

Expõe definições e propriedades fundamentais à aprendizagem.



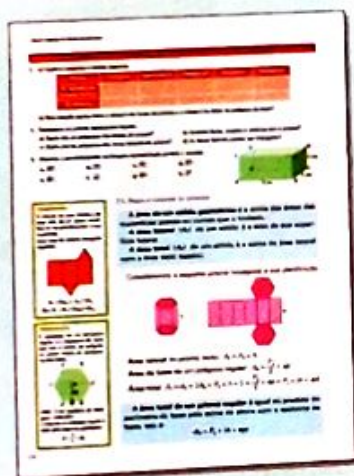
### Exemplos

Orienta na consolidação dos novos conhecimentos ou evidenciam métodos de resolução.



### Exercícios

Aplicação dos conhecimentos adquiridos para desenvolver a aprendizagem.



### Observação / Um pouco de História...

Aborda pequenas explicações que facilitam a compreensão do conteúdo em questão e pequenas notas históricas.



No final do manual:

Soluções  
Tábuas de quadrados, raízes quadradas e raízes cúbicas  
Planificações de sólidos geométricos



# ÍNDICE

1

## NÚMEROS REAIS E RADICIAÇÃO

- 10 1. NÚMEROS RACIONAIS
- 17 2. NÚMEROS REAIS
- 20 3. RADICIAÇÃO
- 30 Avaliação formativa

2

## INEQUAÇÕES LINEARES E SISTEMAS DE INEQUAÇÕES LINEARES COM UMA VARIÁVEL

- 34 1. INTERVALOS REAIS
- 41 2. INEQUAÇÕES LINEARES COM UMA VARIÁVEL
- 47 3. SISTEMAS DE INEQUAÇÕES LINEARES COM UMA VARIÁVEL
- 53 Avaliação formativa

3

## MONÓMIOS E POLINÓMIOS

- 58 1. MONÓMIOS
- 63 2. POLINÓMIOS
- 66 3. CASOS NOTÁVEIS DA MULTIPLICAÇÃO
- 68 4. FACTORIZAÇÃO DE UM POLINÓMIO
- 70 Avaliação formativa

4

## EQUAÇÃO QUADRÁTICA

- 74 1. EQUAÇÃO QUADRÁTICA
- 76 2. RESOLUÇÃO DE EQUAÇÕES QUADRÁTICAS
- 86 3. PROBLEMAS DO 2.º GRAU
- 88 Avaliação formativa

5

## **FUNÇÃO QUADRÁTICA**

- 102 1. FUNÇÃO QUADRÁTICA
- 109 2. PROBLEMAS ENVOVENDO FUNÇÕES QUADRÁTICAS
- 114 Avaliação formativa

6

## **QUADRILÁTEROS**

- 108 1. QUADRILÁTEROS
- 110 2. CONCEITOS E PROPRIEDADES DOS QUADRILÁTEROS
- 116 Avaliação formativa

7

## **NOÇÕES BÁSICAS DE ESTATÍSTICA**

- 120 1. ESTATÍSTICA
- 122 2. RECOLHA, ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DE DADOS ESTATÍSTICOS
- 128 3. MEDIDAS DE TENDÊNCIA CENTRAL
- 131 Avaliação formativa

8

## **SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS**

- 136 1. HOMOTETIAS
- 141 2. RAZÕES E PROPORÇÕES
- 146 3. SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS
- 163 Avaliação formativa

9

## **ÁREAS E VOLUMES DE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS**

- 168 1. POLIEDROS
- 174 2. PRISMAS
- 179 3. PIRÂMIDES
- 183 4. SÓLIDOS DE REVOLUÇÃO
- 189 Avaliação formativa
- 192 Soluções
- 204 Anexo 1: Tábuas
- 207 Anexo 2: Planificações de sólidos geométricos







# **NÚMEROS REAIS E RADICIAÇÃO**

**1.**  
**NÚMEROS RACIONAIS**

**2.**  
**NÚMEROS REAIS**

**3.**  
**RADICIAÇÃO**

# 1

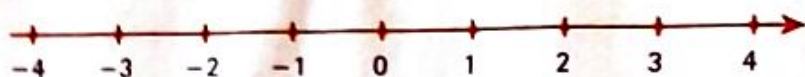
## NÚMEROS REAIS E RADICAÇÃO

### 1. Números racionais

#### 1.1. Revisão de números racionais

Os números naturais e os inteiros negativos formam o conjunto dos números inteiros representado pela letra  $\mathbb{Z}$ .

$$\mathbb{Z} = \{ \dots, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, \dots \}$$



Acrescentando ao conjunto  $\mathbb{Z}$  os números fracionários, obtemos o conjunto dos números racionais que se representa por  $\mathbb{Q}$ .

$$\mathbb{Q} = \mathbb{Z} \cup \{\text{números fracionários}\}$$

↑  
lê-se "reunião"

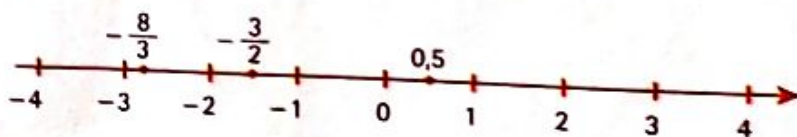
#### UM POUCO DE HISTÓRIA...

- $\mathbb{N}$  vem da palavra "natural";
- $\mathbb{Z}$  tem origem na palavra alemã "Zahlen" que significa "número";
- $\mathbb{Q}$  vem da palavra "quociente" pois qualquer número racional se pode representar como um quociente de dois números inteiros.

Às letras  $\mathbb{N}$ ,  $\mathbb{Z}$  e  $\mathbb{Q}$  acrescentou-se um traço para que ao escrevermos, por exemplo,  $\mathbb{N}$ , se perceba logo que nos estamos a referir a um conjunto de números e não à letra  $\mathbb{N}$ .

#### EXEMPLO:

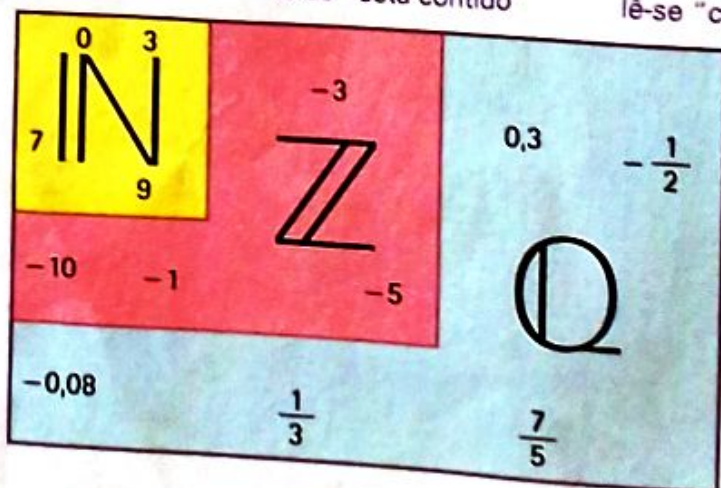
$-\frac{8}{3}$ ;  $-\frac{3}{2}$  e 0,5 são números racionais cuja representação na recta graduada é a seguinte:



Podemos concluir que:  $\mathbb{N} \subset \mathbb{Z} \subset \mathbb{Q}$  ou  $\mathbb{Q} \supset \mathbb{Z} \supset \mathbb{N}$ .

↑  
lê-se "está contido"

↑  
lê-se "contém"



#### OBSERVAÇÃO:

$$\mathbb{N}^* = \mathbb{N} \setminus \{0\} = \{1, 2, 3, \dots\}$$



## 1.2. Adição e subtração de números racionais

A soma de dois números racionais com o mesmo sinal é um número com esse sinal e cujo valor absoluto é a soma dos valores absolutos das parcelas.

A soma de dois números racionais com sinais diferentes é um número igual à diferença dos valores absolutos das parcelas e o sinal é o da parcela maior.

### EXEMPLOS:

$$a) (+4) + (+6) = +10$$

$$b) (-5) + (-3) = -8$$

$$c) (-4) + (+7) = +3$$

$$d) \left(+\frac{1}{2}\right) + \left(-\frac{2}{5}\right) = \left(+\frac{5}{10}\right) + \left(-\frac{4}{10}\right) = +\frac{1}{10}$$

(5)      (2)

A subtração de dois números racionais corresponde a adicionar ao aditivo o simétrico do subtrativo.

### EXEMPLOS:

$$a) (+7) - (-3) = +7 + 3 = 10$$

$$b) (-2) - (-9) = -2 + 9 = 7$$

$$c) (+5) - (+4) = +5 - 4 = +1$$

$$d) \left(-\frac{1}{2}\right) - \left(+\frac{3}{4}\right) = -\frac{2}{4} - \frac{3}{4} = -\frac{5}{4}$$

(2)      (1)

Uma regra prática para a simplificação dos sinais é a seguinte:

- dois sinais iguais dão origem a um sinal +;
- dois sinais diferentes dão origem a um sinal -.

### EXEMPLO:

Calcule:

$$a) (+10) + (+5);$$

$$b) (+2) - (-9);$$

$$c) (-12) - (+4);$$

$$d) (+8) + (-3);$$

### Resolução

$$a) (+10) + (+5) = +10 + 5 = +15$$

$$b) (+2) - (-9) = +2 + 9 = +11$$

$$c) (-12) - (+4) = -12 - 4 = -16$$

$$d) (+8) + (-3) = +8 - 3 = +5$$

### UM POUCO DE HISTÓRIA...

Os símbolos de mais (+) e menos (-) apareceram pela primeira vez no livro *Arithmetica Comarialis*, de Johann Widman, publicado em 1489, em Leipzig.

Os símbolos + e - vieram a ter o significado que hoje conhecemos em Inglaterra com os trabalhos de Robert Record em 1557.

Durante o século XV, alguns dos primeiros símbolos para "mais" e "menos" foram respectivamente *p* (inicial da palavra latina *plus*) e *m* (inicial da palavra latina *minus*).

### OBSERVAÇÃO:

É necessário ter em atenção que só podemos somar ou subtrair frações que tenham o mesmo denominador. Se tal não acontecer, devemos reduzi-las ao mesmo denominador.

Exemplo:

$$\frac{1}{2} + \frac{5}{4} = \frac{2}{4} + \frac{5}{4} = \frac{7}{4}$$

(2)    (1)

### OBSERVAÇÃO:

- O simétrico de -3 é +3.
- O simétrico de +4 é -4.



**OBSERVAÇÃO:**

Os sinais  $+$  e  $-$  surgem com duas funções distintas:

**Sinais operacionais**

$$(+2) + (-5) - (-1) + (+8) - (+7)$$

**Sinais posicionais**

Os **sinais operacionais** estão colocados entre os números e referem-se às operações de adição e subtração.

Os **sinais posicionais** estão colocados dentro dos parêntesis e indicam-nos a posição do número relativamente ao zero.

**OBSERVAÇÃO:**

Convencionou-se que, quando numa expressão os sinais posicionais são só de adição, podemos não escrevê-los e, portanto, os parêntesis não são necessários.

**1.3. Adição algébrica e a simplificação da escrita**

Consideremos a seguinte expressão onde surgem várias adições e subtrações:

$$(+2) + (-5) - (-1) + (+8) - (+7)$$

Transformando as subtrações em adições, a expressão pode ser escrita usando apenas a adição:

$$(+2) + (-5) - (-1) + (+8) - (+7) = (+2) + (-5) + (+1) + (+8) + (-7)$$

A uma expressão que se pode transformar numa adição de números racionais designa-se por **adição algébrica** e o seu resultado por **soma algébrica**.

Usando as regras mencionadas anteriormente, a expressão simplificada e o respectivo resultado são os seguintes:

$$\begin{aligned} (+2) + (-5) - (-1) + (+8) - (+7) &= (+2) + (-5) + (+1) + (+8) + (-7) = \\ &= +2 - 5 + 1 + 8 - 7 = -3 + 1 + 8 - 7 = -2 + 8 - 7 = +6 - 7 = -1 \end{aligned}$$

**EXEMPLO:**

Transforme a expressão  $(+18) - (-9) + (-5) - (-10)$  numa adição algébrica e calcule o seu valor.

**Resolução**

$$\begin{aligned} (+18) - (-9) + (-5) - (-10) &= +18 + (+9) + (-5) + (+10) = +18 + 9 - 5 + 10 = \\ &= +27 - 5 + 10 = +22 + 10 = 32 \end{aligned}$$

**1.3.1. Uso de parêntesis**

Se uma soma algébrica dentro de parêntesis é precedida pelo sinal  $+$ , este pode ser omitido e **não se alteram** os sinais das parcelas. No caso de ser precedida pelo sinal  $-$ , para este desaparecer **trocamos** os sinais das parcelas.

**EXEMPLO:**

Calcule:

$$\text{a) } \frac{1}{2} + \left(\frac{3}{4} - \frac{5}{2}\right);$$

$$\text{b) } 0,5 + \frac{7}{5} - \left(0,2 + \frac{9}{5}\right);$$

$$\text{c) } -\frac{3}{5} - \left(\frac{7}{4} + 0,5\right).$$

**Resolução**

$$\text{a) } \frac{1}{2} + \left(\frac{3}{4} - \frac{5}{2}\right) = \frac{1}{2} + \frac{3}{4} - \frac{5}{2} = \frac{2}{4} + \frac{3}{4} - \frac{10}{4} = \frac{5}{4} - \frac{10}{4} = -\frac{5}{4}$$

$$\text{b) } 0,5 + \frac{7}{5} - \left(0,2 + \frac{9}{5}\right) = \frac{5}{10} + \frac{7}{5} - \frac{2}{10} - \frac{9}{5} = \frac{5}{10} + \frac{14}{10} - \frac{2}{10} - \frac{18}{10} = -\frac{1}{10}$$

$$\text{c) } -\frac{3}{5} - \left(\frac{7}{4} + 0,5\right) = -\frac{3}{5} - \frac{7}{4} - \frac{5}{10} = -\frac{12}{20} - \frac{35}{20} - \frac{10}{20} = -\frac{57}{20}$$



## 1.4. Multiplicação de números racionais

O procedimento para multiplicar números racionais é o mesmo que estudámos na classe anterior na multiplicação de números inteiros. As propriedades estudadas também são extensíveis aos números racionais.

Relembra-se que para multiplicar números representados por fracções, multiplicam-se os respectivos numeradores e os denominadores.

- O **produto** de dois números de sinais **iguais** é um número positivo.
- O **produto** de dois números de sinais **diferentes** é um número negativo.

### EXEMPLO:

Calcule:

$$a) \frac{3}{5} \times 0,5 \times \frac{1}{2};$$

$$b) -2 \times \frac{7}{3} \times \frac{5}{2};$$

$$c) 6 \times \frac{1}{2} \times \frac{8}{5}.$$

### Resolução

$$a) \frac{3}{5} \times 0,5 \times \frac{1}{2} = \frac{3}{5} \times \frac{5}{10} \times \frac{1}{2} = \frac{15}{50} \times \frac{1}{2} = \frac{15}{100} = \frac{3}{20}$$

$$b) -2 \times \frac{7}{3} \times \frac{5}{2} = -\frac{14}{3} \times \frac{5}{2} = -\frac{70}{6} = -\frac{35}{3}$$

$$c) 6 \times \frac{1}{2} \times \frac{8}{5} = \frac{6}{2} \times \frac{8}{5} = \frac{48}{10} = \frac{24}{5}$$

## 1.5. Divisão de números racionais

Para efectuar a divisão de dois números racionais, pode-se transformar a divisão numa multiplicação continuando a serem válidas as regras dos sinais.

Na **divisão** de dois números racionais multiplica-se o dividendo pelo inverso do divisor.

### EXEMPLO:

Calcule:

$$a) (-2) : \left(-\frac{2}{5}\right);$$

$$b) (-2 + 6) : (-5) : 3;$$

$$c) -\frac{2}{5} : \frac{4}{5} \times \left(-\frac{3}{2}\right).$$

### Resolução

$$a) (-2) : \left(-\frac{2}{5}\right) = (-2) \times \left(-\frac{5}{2}\right) = +\frac{10}{2} = +5$$

$$b) (-2 + 6) : (-5) : 3 = +4 : (-5) : 3 = 4 \times \left(-\frac{1}{5}\right) : 3 = -\frac{4}{5} \times \frac{1}{3} = -\frac{4}{15}$$

$$c) -\frac{2}{5} : \frac{4}{5} \times \left(-\frac{3}{2}\right) = -\frac{2}{5} \times \frac{5}{4} \times \left(-\frac{3}{2}\right) = -\frac{2}{4} \times \left(-\frac{3}{2}\right) = +\frac{3}{4}$$

### UM POUCO DE HISTÓRIA...

O sinal de multiplicação ( $\times$ ) foi utilizado pela primeira vez por William Oughtred no livro *Clavis Mathematicae*, publicado em 1631, apesar de já ter aparecido num apêndice da tradução do livro de John Napier em 1618, cuja autoria foi atribuída a Oughtred.

No entanto, a sua aceitação na simbologia matemática não foi fácil por se confundir com a letra  $x$ .

### UM POUCO DE HISTÓRIA...

Hoje em dia utilizam-se vários sinais para indicar uma divisão. A barra horizontal da forma  $\frac{a}{b}$  que indica a divisão de  $a$  por  $b$  é de origem árabe.

A forma  $a/b$  indicando a divisão de  $a$  por  $b$  também é atribuída aos Árabes. Esta barra oblíqua, variante da barra horizontal, foi introduzida por De Morgan em 1845.

Em 1659, o suíço Johann Heinrich Rahn inventou para a divisão o sinal  $+$  que não teve aceitação no seu próprio país, ao contrário da Inglaterra e dos Estados Unidos da América.

Os dois pontos,  $:$ , devem-se a Leibniz (1684) que usava esta notação nos casos em que se deveria escrever a divisão apenas numa linha.

Relativamente ao símbolo  $\_$  designado por "gnomon" ou ângulo, utilizado para separar dividendo, divisor e quociente numa divisão, não existe uma informação precisa, suspeitando-se ser de origem indiana.

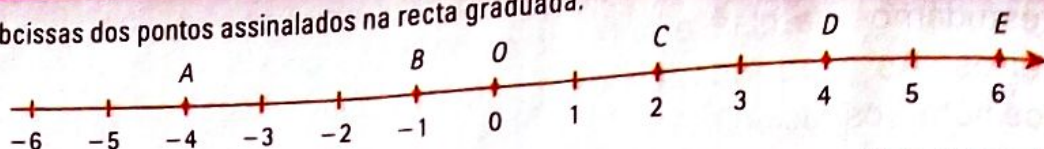
### OBSERVAÇÃO:

A divisão por zero é impossível porque não existe o seu inverso.



### Exercício n.º 1

1. Indique as abcissas dos pontos assinalados na recta graduada.



2. Represente numa recta graduada as abcissas dos seguintes pontos e ordene-os por ordem crescente.

A  $\rightarrow -7$

B  $\rightarrow -\frac{1}{2}$

C  $\rightarrow +1$

D  $\rightarrow -1,5$

E  $\rightarrow +3$

F  $\rightarrow \frac{7}{2}$

G  $\rightarrow -3,5$

3. Dado o conjunto  $A = \left\{ -3; -2; -\frac{4}{3}; 0,1; \frac{1}{2}; 1,3; 3,5 \right\}$ , indique:

a) os números inteiros;

b) os números fraccionários;

c) os números naturais;

d) os números racionais;

e) os números inteiros não naturais;

f) os números racionais não inteiros.

4. Efectue as seguintes operações.

a)  $(-5) + (-10) + (-3) - (+7)$

b)  $\left(+\frac{3}{4}\right) - \left(-\frac{4}{3}\right) + \left(-\frac{1}{2}\right) - \left(+\frac{1}{6}\right)$

c)  $18 + 20 - 17 - 3$

d)  $-2 + \left(-\frac{4}{3}\right) - \left(-\frac{1}{2}\right)$

e)  $-1 + \frac{1}{5} + \left(-\frac{2}{3}\right) + 2$

f)  $\frac{1}{2} - \frac{7}{3} + 1$

5. Calcule e simplifique as seguintes operações.

a)  $\frac{5}{2} + \left(1,3 - \frac{9}{2}\right)$

b)  $\frac{1}{6} - \left(\frac{1}{5} - \frac{3}{10}\right)$

c)  $\frac{2}{3} - \left(\frac{8}{10} - \frac{1}{2}\right)$

d)  $\left(\frac{1}{4} - 3 - \frac{2}{3}\right) - \frac{1}{2}$

e)  $(0,5 + 0 - 0,3) + \frac{4}{4}$

f)  $\frac{5}{3} - \left(\frac{4}{2} + 5 - \frac{1}{3}\right) + 0,5$

6. Efectue as seguintes operações.

a)  $\frac{2}{3} \times 3$

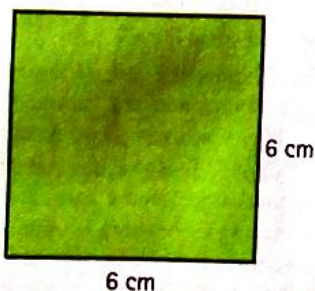
b)  $\frac{2}{3} \times (-6)$

c)  $\left(-\frac{3}{4}\right) \times \left(-\frac{1}{2}\right)$

d)  $\frac{3}{4} \times (-0,2) \times (-5) \times 0$

e)  $(7 - 4 : 2) + 7 \times (3 - 2) - 2 \times 4$

f)  $(2 : 3 + 10 : 3) : (16 - 2 \times 7) + 16 - 16$



### 1.6. Quadrados e raízes quadradas de números racionais

Consideremos o seguinte problema:

Se o lado de um quadrado mede 6 cm, a sua área é igual a  $A = 6 \times 6 = 6^2 = 36 \text{ cm}^2$ . Inversamente, se a área de um quadrado é  $36 \text{ cm}^2$ , o seu lado é igual à raiz quadrada de 36, ou seja, 6, e escreve-se  $\sqrt{36} = 6$ .

A raiz quadrada de um número não negativo  $a$  é um número que elevado ao quadrado é igual a  $a$ .

radical ( $\sqrt{\phantom{x}}$ )

$\sqrt{a} = b$  se e só se  $b^2 = a$ , com  $a$  e  $b$  não negativos.

radicando ( $a$ )



Os números cuja raiz quadrada é um número inteiro denominam-se **quadrados perfeitos**.

**EXEMPLO:**

0, 1, 4, 9, 16, 25, ... são quadrados perfeitos porque  $\sqrt{0} = 0$ ,  $\sqrt{1} = 1$ ,  $\sqrt{4} = 2$ ,  $\sqrt{9} = 3$ , ...

Na classe anterior, estudamos o cálculo da raiz quadrada de um número usando tábuas em que os radicandos eram não superiores a 99,9. Assim, como calcular a raiz quadrada de um número  $a$  tal que:

**1.º caso:**  $a$  é um quadrado perfeito

Pelas tábuas da raiz quadrada ou dos quadrados (consultar as páginas finais do livro):

•  $\sqrt{25} = 5$  porque  $5^2 = 25$     •  $\sqrt{100} = 10$  porque  $10^2 = 100$

**2.º caso:**  $1,00 \leq a \leq 99,9$

Pelas tábuas da raiz quadrada:

•  $\sqrt{9,12} \approx 3,0199$     •  $\sqrt{48,3} \approx 6,9498$   
(alínea 9,1; coluna 2 na tabela n.º 1)    (alínea 48; coluna 3 na tabela n.º 2)

**3.º caso:**  $a > 99,9$

O procedimento é factorizar o radicando em um produto em que um dos factores seja um número contemplado nas tábuas e o outro seja uma potência de 100, 10 000, etc., porque  $\sqrt{100} = 10$ ,  $\sqrt{10\,000} = 100$ , etc.

•  $\sqrt{169} = \sqrt{1,69 \times 100} = \sqrt{1,69} \times \sqrt{100} = 1,3 \times 10 = 13$

•  $\sqrt{169\,000} = \sqrt{16,9 \times 10\,000} = \sqrt{16,9} \times \sqrt{10\,000} =$   
 $\approx 4,111 \times 100 \approx 411,1$

**4.º caso:**  $0 < a < 1$

O procedimento é factorizar o radicando em um produto em que um dos factores seja um número contemplado na tabela e o outro seja uma potência de 0,01; 0,0001; etc., porque  $\sqrt{0,01} = 0,1$ ,  $\sqrt{0,0001} = 0,01$ , etc.

•  $\sqrt{0,169} = \sqrt{16,9 \times 0,01} = \sqrt{16,9} \times \sqrt{0,01} =$   
 $\approx 4,111 \times 0,1 \approx 0,4111$

•  $\sqrt{0,00169} = \sqrt{16,9 \times 0,0001} = \sqrt{16,9} \times \sqrt{0,0001} =$   
 $\approx 4,111 \times 0,01 \approx 0,04111$

**UM POUCO DE HISTÓRIA...**

Na Antiguidade, os matemáticos gregos associavam estes números a formas geométricas. Representando cada unidade por um ponto:

•  $1 = 1^2$   
••  $4 = 2^2$   
•••  $9 = 3^2$   
••••  $16 = 4^2$   
... ..

Por este motivo, os quadrados perfeitos designam-se por números quadrangulares.

**OBSERVAÇÃO:**

Para calcular o quadrado de qualquer número, pode-se usar a **tábua de quadrados**. Por exemplo, para determinar  $110^2$ , procuramos na tabela a alínea 11 e a coluna 0. Como a leitura é 12 100, então  $110^2 = 12\,100$ .

|    | 0      | 1      |
|----|--------|--------|
| 10 | 10 000 | 10 201 |
| 11 | 12 100 | 12 321 |
| 12 | 14 400 | 14 641 |

**OBSERVAÇÃO:**

Para quaisquer números positivos  $a$  e  $b$ :

$\sqrt{a \times b} = \sqrt{a} \times \sqrt{b}$ .



A raiz quadrada de um número pode ser calculada através do uso de tábuas, mas também usando um algoritmo.

### Algoritmo da raiz quadrada de um número

Como determinar o valor de  $\sqrt{712}$  ?

$$\sqrt{712} \quad \underline{\hspace{1cm}}$$

$$\begin{array}{r} \sqrt{712} \quad \underline{2} \\ 4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \sqrt{712} \quad \underline{2} \\ -4 \\ \hline 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \sqrt{712} \quad \underline{2} \\ -4 \quad \underline{4} \\ \hline 312 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \sqrt{712} \quad \underline{2} \\ -4 \quad \underline{46} \\ \hline 312 \quad \underline{\times 6} \\ 276 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \sqrt{712} \quad \underline{26} \\ -4 \quad \underline{46} \\ \hline 312 \quad \underline{\times 6} \\ -276 \quad \underline{276} \\ \hline 36 \end{array}$$

1.º Começa-se por dividir o número, da direita para a esquerda, em grupos de dois algarismos.

2.º Determina-se a raiz quadrada do maior quadrado perfeito não superior ao número formado pelo grupo da esquerda.

Neste caso,  $2^2 = 4 < 7$  e coloca-se o **2** e o **4** nos lugares indicados.

3.º Determina-se a diferença entre o número formado pelo grupo da esquerda e o quadrado perfeito,  $7 - 4 = 3$ .

4.º À direita, escreve-se o grupo seguinte de algarismos nos lugares indicados: **12**.

Por baixo do 2 escreve-se o seu dobro: **4**.

5.º Do número 312, separa-se o algarismo da direita, 2, e divide-se o número 31 por **4**. Como o quociente não é um número inteiro, por tentativas, procura-se o valor de  $x$  tal que  $4x$  multiplicado por  $x$  se aproxime de 312.

Para  $x = 6$ , multiplica-se o número assim obtido, **46**, pelo quociente **6**.

Note que, para  $x = 7$ ,  $47 \times 7 = 329$  que já ultrapassou o 312.

6.º Como o produto obtido, **276**, é menor ou igual que o número que se encontra à esquerda, efectua-se a subtração do segundo pelo primeiro e aceita-se o **6** como sendo o segundo algarismo da raiz quadrada e coloca-se à direita do 2. Caso contrário, o procedimento era o mesmo que para outros valores mais baixos de  $x$ .

Assim,  $\sqrt{712} \approx 26$  e o resto é 36.

Verificação:  $26^2 + 36 = 676 + 36 = 712$



Como calcular o valor de  $\sqrt{19\,324\,564}$ ?

O procedimento é idêntico ao descrito no caso anterior. No entanto, para valores do radicando maiores, os 4.º, 5.º e 6.º passos repetem-se até ao último par de algarismos do radicando.

$$\begin{array}{r}
 \sqrt{19\,32\,45\,64} \quad | \quad 4395 \\
 -16 \phantom{00} \\
 \hline
 3\,32 \phantom{00} \quad \begin{array}{r} 83 \phantom{00} 869 \phantom{00} 8785 \\ \times 3 \phantom{00} \times 9 \phantom{00} \times 5 \\ \hline 249 \phantom{00} 7821 \phantom{00} 43925 \end{array} \\
 -2\,49 \phantom{00} \\
 \hline
 83\,45 \\
 -78\,21 \\
 \hline
 524\,64 \\
 -439\,25 \\
 \hline
 85\,39
 \end{array}$$

Assim,  $\sqrt{19\,324\,564} \approx 4395$  e  $r = 8539$ .

Verificação:  $4395^2 + 8539 = 19\,316\,025 + 8539 = 19\,324\,564$ .

### Exercício n.º 2

- Calcule os seguintes quadrados.  
 a)  $25^2$       b)  $(-15)^2$       c)  $0,01^2$       d)  $0,02^2$       e)  $\left(\frac{1}{4}\right)^2$       f)  $\left(\frac{1}{20}\right)^2$
- Calcule a área de um quadrado cujo lado mede:  
 a) 5,5 cm;      b) 8,75 m;      c) 1,44 dm;      d) 2,25 m;      e) 9,5 dm;      f) 7,32 mm.
- Determine usando a tábua adequada:  
 a)  $\sqrt{0,81}$ ;      b)  $\sqrt{0,75}$ ;      c)  $\sqrt{888}$ ;      d)  $\sqrt{219}$ ;      e)  $\sqrt{1550}$ ;      f)  $\sqrt{415}$ .
- Usando o algoritmo da raiz quadrada, calcule o valor das seguintes expressões e apresente o respectivo resto.  
 a)  $\sqrt{225}$       b)  $\sqrt{344}$       c)  $\sqrt{1350}$       d)  $\sqrt{9025}$       e)  $\sqrt{347\,325}$       f)  $\sqrt{634\,215}$

## 2. Números reais

### 2.1. Noção de números irracionais

Os números racionais podem ser representados na forma fraccionária ou na forma decimal (dízimas), como estudámos na classe anterior.

#### EXEMPLOS:

$$\begin{array}{lll}
 \text{a) } \frac{2}{8} = 2 : 8 = 0,25 & \text{b) } \frac{13}{8} = 1,625 & \text{c) } \frac{17}{6} \approx 2,8333... = 2,8(3)
 \end{array}$$

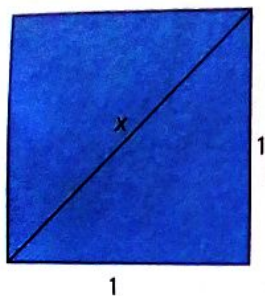
Nos dois primeiros exemplos o resto da divisão é zero, pelo que as dízimas obtidas dizem-se finitas e no último exemplo, a dízima diz-se infinita. Como existe um algarismo ou um conjunto de algarismos que se repetem sempre pela mesma ordem, a dízima diz-se infinita periódica cujo período está escrito dentro de parêntesis.

#### OBSERVAÇÃO:

$$\begin{array}{r}
 2,00 \quad | \quad 8 \\
 40 \phantom{00} \\
 0 \phantom{00} \\
 \hline
 13,000 \quad | \quad 8 \\
 50 \phantom{00} \\
 20 \phantom{00} \\
 40 \phantom{00} \\
 0 \phantom{00} \\
 \hline
 17,000... \quad | \quad 6 \\
 50 \phantom{00} \\
 20 \phantom{00} \\
 20 \phantom{00} \\
 2 \phantom{00}
 \end{array}$$

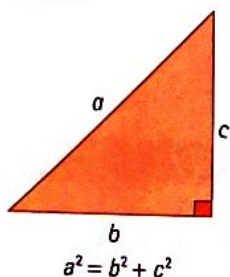
**Os números racionais são todos os números que podem ser representados por dízimas finitas ou por dízimas infinitas periódicas.**





### TEOREMA DE PITÁGORAS

Num triângulo rectângulo, o quadrado da hipotenusa é igual à soma dos quadrados dos catetos.



Consideremos o seguinte problema:  
Qual a medida da diagonal de um quadrado cujo lado é igual a 1 cm?

Para calcular o valor de  $x$  usamos o Teorema de Pitágoras:  
 $x^2 = 1^2 + 1^2 \Leftrightarrow x^2 = 2$ , pelo que,  $x = \sqrt{2} \approx 1,414\ 213\ 562... \text{ cm}$

O valor de  $\sqrt{2}$  é uma dízima infinita não periódica e, por isso, não representa um número racional.

Existem outros números que são representados por dízimas infinitas não periódicas, como, por exemplo:

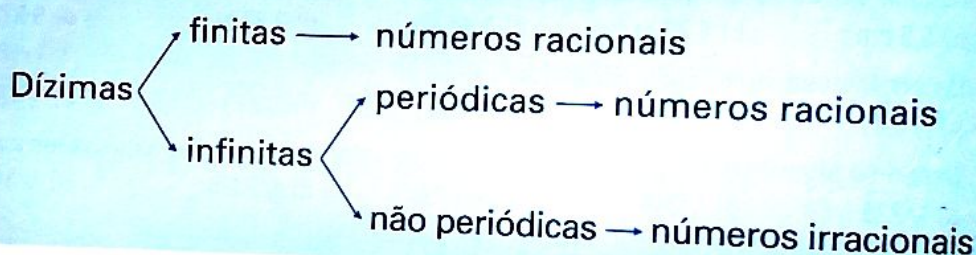
$$\pi \approx 3,141\ 592\ 654...$$

$$e \approx 2,718\ 281\ 828... \text{ (número de Neper)}$$

$$\Phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \approx 1,618\ 033\ 989... \text{ (número de ouro)}$$

Os **números irracionais** são todos os números que podem ser representados por **dízimas infinitas não periódicas**.

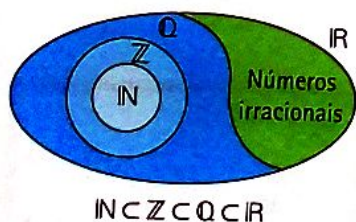
### Resumo:



## 2.2. Os números reais

O conjunto de números racionais ( $\mathbb{Q}$ ) com o conjunto de números irracionais forma um novo conjunto chamado conjunto dos **números reais**, representado pela letra  $\mathbb{R}$ .

$$\mathbb{R} = \mathbb{Q} \cup \{\text{números irracionais}\}$$



## 2.3. Representação de números reais na recta graduada

A cada número racional podemos associar um só ponto sobre a recta graduada.

### EXEMPLO:

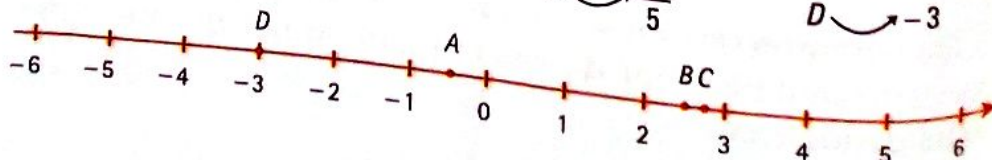
Marque na recta graduada os seguintes pontos:

$$A \rightarrow -\frac{1}{2}$$

$$B \rightarrow 2,5$$

$$C \rightarrow \frac{14}{5}$$

$$D \rightarrow -3$$

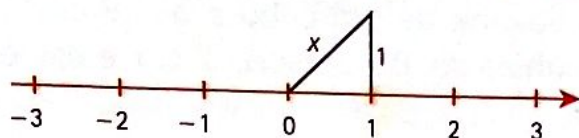




Será que cada número irracional também corresponde a um ponto da recta?

Como marcar o ponto de abscissa  $\sqrt{2}$ ?

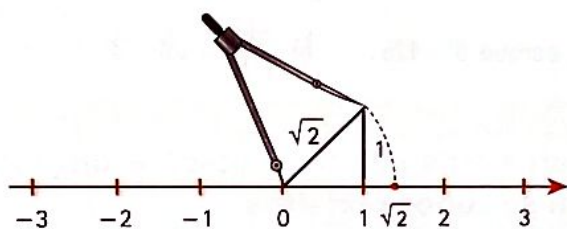
Constrói-se uma recta graduada e sobre esta um triângulo rectângulo isósceles cujos catetos meçam 1 unidade.



A medida do comprimento da hipotenusa desse triângulo é  $\sqrt{2}$ , pois, pelo Teorema de Pitágoras:

$$x^2 = 1^2 + 1^2 \Leftrightarrow x^2 = 2, \text{ pelo que, } x = \sqrt{2}.$$

Em seguida, coloca-se a ponta seca de um compasso sobre o 0 e, com abertura igual ao comprimento da hipotenusa, descreve-se um arco que corte a recta graduada num ponto à direita de 1. A abscissa desse ponto é  $\sqrt{2}$ .



Para marcar na recta graduada o ponto de abscissa  $-\sqrt{2}$ , o arco deve ser descrito para o lado esquerdo de 0, isto é, para a parte negativa da recta.

Desta forma, a todo o número real corresponde um só ponto na recta graduada e vice-versa.

#### UM POUCO DE HISTÓRIA...

A história dos números irracionais está intimamente ligada com factos de natureza geométrica e aritmética bem conhecidos da Escola Pitagórica que considerava estes números heréticos.

Apesar de estes números só terem sido definidos em 1872 pelo matemático alemão Richard Dedekind e terem sido usados pelos Egípcios e pelos Babilónios, foram os Gregos os primeiros a reconhecer a existência de comprimentos que não podiam ser expressos por números racionais.

Durante séculos, os números irracionais foram designadas por "números nulos", "números incalculáveis" e "números inexprimíveis".



Richard Dedekind  
(1831-1916)

#### Exercício n.º 3

1. Averigüe quais os tipos de dízimas dos seguintes números reais e indique o período, se for o caso.

a)  $\frac{1}{5}$

b)  $\sqrt{3}$

c)  $\frac{5}{6}$

d)  $\sqrt{12}$

e)  $\frac{2}{3}$

2. Marque na recta graduada, os pontos correspondentes aos números reais seguintes e ordene-os por ordem crescente.

$\frac{7}{2}$

$-\frac{8}{3}$

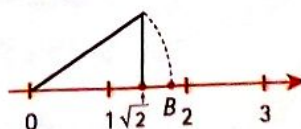
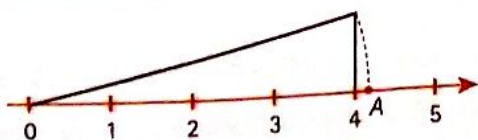
$\sqrt{5}$

$-\sqrt{2}$

$\sqrt{2}+2$

$\sqrt{5}-2$

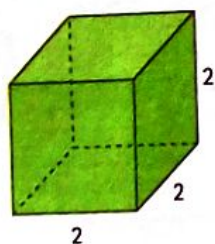
3. Indique o número irracional representado pelos pontos A e B.





### 3. Radiciação

#### 3.1. Cubos e raízes cúbicas de números racionais



Consideremos o seguinte cubo de lado 2 cm. Se a aresta do cubo mede 2 cm, o seu volume é  $V = 2^3 = 8 \text{ cm}^3$ . Inversamente, se o volume de um cubo é de  $8 \text{ cm}^3$ , a sua aresta mede a raiz cúbica de 8, ou seja, 2 cm e escreve-se  $\sqrt[3]{8} = 2$ , pois  $2^3 = 8$ .

Repare que  $\sqrt[3]{8} = 2$  e não é igual a  $-2$  porque  $(-2)^3 = -8 \neq 8$ .

A **raiz cúbica** de um número  $a$  é um número que elevado ao cubo é igual a  $a$ .

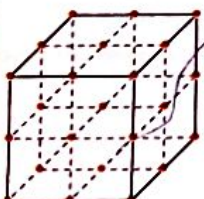
$$\sqrt[3]{a} = b \text{ se e só se } b^3 = a.$$

#### UM POUCO DE HISTÓRIA...

À semelhança dos quadrados perfeitos, os matemáticos na Antiguidade associavam os **cubos perfeitos** às seguintes formas geométricas:

•  $1 = 1^3$

  $8 = 2^3$

  $27 = 3^3$

#### EXEMPLOS:

a)  $\sqrt[3]{125} = 5$ , porque  $5^3 = 125$ .      b)  $\sqrt[3]{\frac{64}{8}} = \sqrt[3]{8} = 2$

Os números cuja sua raiz cúbica é um número inteiro denominam-se **cubos perfeitos**.

#### EXEMPLOS:

0, 1, 8, 27, 64, ... são cubos perfeitos porque  $\sqrt[3]{0} = 0$ ,  $\sqrt[3]{1} = 1$ ,  $\sqrt[3]{8} = 2$ , ...

#### 3.2. Potência de expoente fraccionário

Para os números naturais  $m$  e  $n$  não nulos e o número real positivo  $a$ :

$$a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m}$$

#### EXEMPLOS:

a)  $3^{\frac{4}{3}} = \sqrt[3]{3^4}$

b)  $x^{\frac{p}{q}} = \sqrt[q]{x^p}$  com  $p \in \mathbb{N}$ .

c)  $2^{\frac{5}{4}} = \sqrt[4]{2^5}$

d)  $7^{\frac{1}{5}} = \sqrt[5]{7}$

inversamente:

e)  $\sqrt[3]{2} = 2^{\frac{1}{3}}$

f)  $\sqrt[5]{4^3} = 4^{\frac{3}{5}}$

g)  $\sqrt{3^2} = 3^{\frac{2}{2}} = 3$

h)  $\sqrt[5]{x^2} = x^{\frac{2}{5}}$



### 3.3. Valores aproximados de radicais

Os números irracionais são representados por dízimas infinitas não periódicas. Frequentemente, escreve-se  $\sqrt{2} \approx 1,4142\dots$  onde  $\sqrt{2}$  é o valor exacto e  $1,4142\dots$  um valor aproximado do radical. No entanto, pode-se distinguir vários tipos de valores aproximados:

- 1,41 é um valor aproximado por defeito às centésimas;
- 1,42 é um valor aproximado por excesso às centésimas;
- 1,414 é um valor aproximado por defeito às milésimas;
- 1,415 é um valor aproximado por excesso às milésimas.

#### OBSERVAÇÃO:

Sempre que se utiliza uma aproximação de um número e não o seu valor exacto, comete-se um erro.

Um enquadramento possível de  $\sqrt{2}$  é  $1,414 < \sqrt{2} < 1,415$  (a menos de  $1,415 - 1,414 = 0,001$ ).

Como calcular valores aproximados de expressões que contêm radicais?

#### EXEMPLO:

Calcule um valor aproximado às centésimas de cada um dos números irracionais seguintes.

a)  $\sqrt{3} + \sqrt[3]{56}$

b)  $3 \times \sqrt[3]{56}$

#### Resolução

- a) Da tabela,  $\sqrt{3} \approx 1,7321$  e  $\sqrt[3]{56} \approx 3,8259$ , pelo que,  $1,73 < \sqrt{3} < 1,74$  (a menos de  $1,74 - 1,73 = 0,01$ ) e  $3,82 < \sqrt[3]{56} < 3,83$  (a menos de  $0,01$ ). Assim:

$$\begin{array}{l} 1,73 < \sqrt{3} < 1,74 \\ 3,82 < \sqrt[3]{56} < 3,83 \\ \hline 5,55 < \sqrt{3} + \sqrt[3]{56} < 5,57 \quad (\text{a menos de } 0,02) \end{array}$$

Desta forma,

- 5,55 é um valor aproximado por defeito às centésimas;
- 5,57 é um valor aproximado por excesso às centésimas.

b) 
$$\begin{array}{l} 3,82 < \sqrt[3]{56} < 3,83 \\ 3 \times 3,82 < 3 \times \sqrt[3]{56} < 3 \times 3,83 \\ \hline 11,46 < 3 \times \sqrt[3]{56} < 11,49 \quad (\text{a menos de } 0,03) \end{array}$$

pelo que:

- 11,46 é um valor aproximado por defeito às centésimas;
- 11,49 é um valor aproximado por excesso às centésimas.

## Exercício n.º 4

1. Determine o valor das seguintes raízes.

a)  $\sqrt[3]{92}$

b)  $\sqrt[3]{100}$

c)  $\sqrt[3]{729}$

d)  $\sqrt[3]{\frac{8}{27}}$

e)  $\sqrt[3]{-64}$

f)  $\sqrt[3]{-\frac{125}{27}}$

2. Escreva os seguintes radicais sob a forma de potência de expoente fraccionário.

a)  $\sqrt{2^5}$

b)  $\sqrt[3]{a^4}$

c)  $(\sqrt[3]{2})^3$

d)  $\sqrt[5]{b^5}$

e)  $\sqrt[3]{a^3}$

f)  $\sqrt{5^2}$

3. Determine o valor das seguintes potências.

a)  $64^{\frac{1}{3}}$

b)  $100^{\frac{3}{2}}$

c)  $\left(-\frac{125}{64}\right)^{\frac{1}{3}}$

4. Determine um valor aproximado por defeito às centésimas de:

a)  $\sqrt{8} + \sqrt{3}$ ;

b)  $\sqrt[3]{10} + \sqrt[3]{90}$ ;

c)  $\sqrt{8} \times \sqrt{5}$ ;

d)  $4 \times \sqrt{7}$ ;

e)  $\sqrt[3]{2} \times \sqrt[3]{4}$ ;

f)  $\sqrt[3]{2} \times \sqrt{3}$ .

## 3.4. Passagem de um factor para dentro e para fora do radical

## 3.4.1. Passagem de um factor para dentro de um radical

Para quaisquer  $a$  e  $b$  números reais com  $b \geq 0$ :

$$a\sqrt{b} = \sqrt{a^2 \times b}.$$

**OBSERVAÇÃO:**Para quaisquer números reais positivos  $a$  e  $b$ :

$$\sqrt{a} \times \sqrt{b} = \sqrt{a \times b}.$$

**EXEMPLO:**Sabendo que  $3 = \sqrt{3^2}$  pois  $\sqrt{3^2} = 3^{\frac{2}{2}} = 3$ , então:

$$3 \times \sqrt{2} = \sqrt{3^2 \times 2} = \sqrt{9 \times 2} = \sqrt{18}.$$

Esta regra é útil para minimizar o erro que se comete quando se utilizam valores aproximados de  $3\sqrt{2}$ , pois triplicamos o erro de arredondamento ao multiplicarmos o valor aproximado de  $\sqrt{2}$  por 3. Para evitar tal facto, se passarmos o número 3 para dentro do radical como foi feito no exemplo e calcularmos  $\sqrt{18}$ , obtemos também um número aproximado, sem aumentarmos o erro. Assim, teremos um resultado mais próximo do valor exacto da raiz.



### 3.4.2. Passagem de um factor para fora de um radical

#### EXEMPLOS:

$$a) \sqrt{18} = \sqrt{9 \times 2} = \sqrt{3^2 \times 2} = \sqrt{3^2} \times \sqrt{2} = 3\sqrt{2}$$

$$b) \sqrt{75} = \sqrt{25 \times 3} = \sqrt{5^2 \times 3} = \sqrt{5^2} \times \sqrt{3} = 5\sqrt{3}$$

Se existir um quadrado perfeito dentro do radical, este pode passar para fora do radical, ou seja,  $\sqrt{a^2 \times b} = a\sqrt{b}$  onde  $a$  e  $b$  são números reais e  $b \geq 0$  (a decomposição do radicando em factores primos facilita esta operação).

#### EXEMPLO:

$$\text{Como } 45 = 3^2 \times 5, \text{ então } \sqrt{45} = \sqrt{3^2 \times 5} = \sqrt{3^2} \times \sqrt{5} = 3\sqrt{5}.$$

No caso do radicando ser um número grande, torna-se pouco prático decompô-lo em factores primos, pelo que uma alternativa é proceder à decomposição em potências de 100 (100, 10 000, 1 000 000, ...).

#### OBSERVAÇÃO:

|    |   |
|----|---|
| 45 | 3 |
| 15 | 3 |
| 5  | 5 |
|    | 1 |

$$45 = 3^2 \times 5$$

#### EXEMPLOS:

$$a) \sqrt{700} = \sqrt{100 \times 7} = \sqrt{100} \times \sqrt{7} = \sqrt{10^2} \times \sqrt{7} = 10\sqrt{7}$$

$$b) \sqrt{250\,000} = \sqrt{10\,000 \times 25} = \sqrt{100^2} \times \sqrt{25} = 100 \times 5 = 500$$

### 3.5. Propriedades dos radicais

#### 3.5.1. Quadrado de uma raiz quadrada

O quadrado de uma raiz quadrada é igual ao seu radicando, ou seja:

$$(\sqrt{a})^2 = a, \text{ para } a \in \mathbb{R}_0^+.$$

#### EXEMPLOS:

$$a) (\sqrt{5})^2 = 5 \text{ porque } (\sqrt{5})^2 = (5^{\frac{1}{2}})^2 = 5^{\frac{2}{2}} = 5;$$

$$b) (\sqrt{7})^2 = 7 \text{ porque } (\sqrt{7})^2 = (7^{\frac{1}{2}})^2 = 7^{\frac{2}{2}} = 7.$$

## 3.5.2. Potência de um radical

Para  $a \in \mathbb{R}_0^+$  e  $m, n \in \mathbb{N}^*$ ,  $(\sqrt[m]{a})^n = \sqrt[n]{a^n}$ .

## EXEMPLOS:

a)  $(\sqrt{3})^7 = \sqrt{3^7}$  porque  $(\sqrt{3})^7 = (3^{\frac{1}{2}})^7 = 3^{\frac{7}{2}} = \sqrt{3^7}$ ;

b)  $(\sqrt[3]{2})^5 = \sqrt[3]{2^5}$  porque  $(\sqrt[3]{2})^5 = (2^{\frac{1}{3}})^5 = 2^{\frac{5}{3}} = \sqrt[3]{2^5}$ .

## EXEMPLO:

Calcule o valor das seguintes expressões.

a)  $(\sqrt{3})^5$

b)  $(\sqrt[3]{5})^3$

c)  $(\sqrt[3]{2})^5$

d)  $(\sqrt[3]{7})^6$

## Resolução

a)  $(\sqrt{3})^5 = \sqrt{3^5} = \sqrt{3^4 \times 3} = 3^2 \times \sqrt{3} = 9\sqrt{3}$

b)  $(\sqrt[3]{5})^3 = \sqrt[3]{5^3} = 5$

c)  $(\sqrt[3]{2})^5 = \sqrt[3]{2^5} = \sqrt[3]{2^3 \times 2^2} = 2\sqrt[3]{4}$

d)  $(\sqrt[3]{7})^6 = \sqrt[3]{7^6} = \sqrt[3]{(7^2)^3} = 7^2 = 49$

## 3.5.3. Radical em que o radicando é um radical

Para  $a \in \mathbb{R}_0^+$  e  $n, m \in \mathbb{N}^*$ ,  $\sqrt[n]{\sqrt[m]{a}} = \sqrt[n \cdot m]{a}$ .

## EXEMPLOS:

a)  $\sqrt[3]{\sqrt{2}} = \sqrt[6]{2}$  porque  $(2^{\frac{1}{2}})^{\frac{1}{3}} = 2^{\frac{1}{6}} = \sqrt[6]{2}$ ;

b)  $\sqrt[3]{\sqrt{a}} = \sqrt[6]{a}$  porque  $\sqrt[3]{\sqrt{a}} = (a^{\frac{1}{2}})^{\frac{1}{3}} = a^{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3}} = a^{\frac{1}{6}} = \sqrt[6]{a}$  com  $a \in \mathbb{R}_0^+$ .

## EXEMPLO:

Simplifique os seguintes radicais.

a)  $\sqrt[3]{\sqrt{5}}$

b)  $\sqrt[3]{\sqrt{a}}$ ,  $a \in \mathbb{R}_0^+$

c)  $\sqrt[3]{5\sqrt{2}}$

d)  $\sqrt[4]{25}$

e)  $\sqrt[6]{8}$

f)  $\sqrt[3]{81 \times 25^5}$

## Resolução

a)  $\sqrt[3]{\sqrt{5}} = \sqrt[6]{5}$

b)  $(\sqrt[3]{\sqrt{a}})^{18} = (\sqrt[6]{a})^{18} = \sqrt[6]{a^{18}} = a^{\frac{18}{6}} = a^3 = 25$

c)  $\sqrt[3]{5\sqrt{2}} = \sqrt[3]{5\sqrt{2} \times 2} = \sqrt[3]{10\sqrt{2}}$

d)  $\sqrt[4]{25} = \sqrt{\sqrt{25}} = \sqrt{5}$

e)  $\sqrt[6]{8} = \sqrt[3]{2^3} = \sqrt[3]{2^3} = 2$

f)  $\sqrt[3]{81 \times 25^5} = \sqrt[3]{3^4 \times 2^5} = \sqrt[3]{3^4 \times (2^2)^2} = \sqrt{3 \times 2^2} = 2\sqrt{3}$



### 3.6. Comparação de radicais

Para comparar radicais podemos transformá-los em potências fraccionárias e, de seguida, usar as regras das operações com potências, ou simplesmente, igualar os índices dos radicais em estudo (calculando o mínimo múltiplo comum dos índices dos radicais).

#### EXEMPLOS:

a)  $\sqrt{2} < \sqrt{3}$ , porque  $2^{\frac{1}{2}} < 3^{\frac{1}{2}}$  ( $2 < 3$ ); b)  $\sqrt[3]{2} < \sqrt[3]{3}$ , porque  $2^{\frac{1}{3}} < 3^{\frac{1}{3}}$  ( $2 < 3$ ).

#### EXEMPLO:

Ordene por ordem crescente os seguintes radicais:

a)  $\sqrt{3}$  e  $\sqrt[3]{7}$ ; b)  $\sqrt[4]{2}$  e  $\sqrt[5]{5}$ ; c)  $\sqrt{3}$ ,  $\sqrt[4]{10}$  e  $\sqrt[8]{80}$ .

#### Resolução

a) m. m. c. (2, 3) = 6

$$\sqrt{3} = \sqrt[6]{3^2} = \sqrt[6]{27} \text{ e } \sqrt[3]{7} = \sqrt[6]{7^2} = \sqrt[6]{49}.$$

Como  $27 < 49$ , então  $\sqrt[6]{27} < \sqrt[6]{49}$ , ou seja,  $\sqrt{3} < \sqrt[3]{7}$ .

b) m. m. c. (4, 6) = 12

$$\sqrt[4]{2} = \sqrt[12]{2^3} = \sqrt[12]{8} \text{ e } \sqrt[5]{5} = \sqrt[60]{5^{12}} = \sqrt[12]{25}.$$

Como  $25 > 8$ , então  $\sqrt[12]{8} < \sqrt[12]{25}$ .

c) m. m. c. (2, 4, 8) = 8

$$\sqrt{3} = \sqrt[8]{3^4} = \sqrt[8]{81} \text{ e } \sqrt[4]{10} = \sqrt[8]{10^2} = \sqrt[8]{100}.$$

Como  $80 < 81 < 100$ , conclui-se que  $\sqrt[8]{80} < \sqrt{3} < \sqrt[4]{10}$ .

#### Exercício n.º 5

1. Passe o factor para dentro do radical.

a)  $5\sqrt[3]{10}$

b)  $30\sqrt{2a}$

c)  $2x\sqrt[3]{2x^2}$

d)  $a^2b\sqrt{a}$

2. Simplifique os seguintes radicais.

a)  $\sqrt[12]{6^3}$

b)  $\sqrt[9]{2^3}$

c)  $\sqrt[100]{7^{20}}$

d)  $\sqrt[24]{10\,000y^{12}}$

e)  $\sqrt{\sqrt{5}}$

f)  $\sqrt[4]{\sqrt[3]{\sqrt{6}}}$

g)  $\sqrt[3]{\sqrt[5]{y^3}}$

h)  $(\sqrt[3]{\sqrt{4}})^6$

3. Compare os seguintes radicais.

a)  $\sqrt[6]{4^2}$  —  $\sqrt[6]{2^4}$

b)  $\sqrt[8]{\frac{5}{9}}$  —  $\sqrt[8]{\frac{6}{8}}$

c)  $\sqrt[5]{\frac{1}{3}}$  —  $\sqrt[5]{\frac{3}{4}}$

d)  $\sqrt[9]{\frac{2}{5}}$  —  $\sqrt[9]{\frac{1}{4}}$

e)  $\sqrt[4]{9}$  —  $\sqrt[3]{5}$

f)  $\sqrt[15]{2^7}$  —  $\sqrt[3]{2^2}$

g)  $\sqrt[3]{\frac{1}{3}}$  —  $\sqrt[5]{\frac{1}{2}}$

h)  $\sqrt{5}$  —  $\sqrt[3]{7}$

### 3.7. Operações com radicais

Todas as propriedades das operações efectuadas com números racionais são aplicáveis aos números irracionais.

#### 3.7.1. Adição e subtração de radicais

Dois radicais dizem-se **semelhantes** quando têm o mesmo índice e o mesmo radicando.

##### EXEMPLO:

Os radicais  $3\sqrt{5}$  e  $4\sqrt{5}$  são semelhantes, ao contrário de  $2\sqrt{3}$  e  $4\sqrt{5}$ .

Só podemos somar ou subtrair radicais que sejam semelhantes. Nestes casos, somam-se ou subtraem-se os coeficientes mantendo-se o radical.

$$\text{Para } a, b \in \mathbb{R} \text{ e } c \in \mathbb{R}_0^+, a\sqrt{c} + b\sqrt{c} = (a + b)\sqrt{c}.$$

##### EXEMPLOS:

$$a) \sqrt{9} + \sqrt{4} = 3 + 2 = 5$$

$$b) \sqrt[3]{27} + \sqrt[3]{125} + \sqrt{7} = 3 + 5 + \sqrt{7} = 8 + \sqrt{7}$$

##### EXEMPLO:

Efectue as seguintes operações.

$$a) 2\sqrt{3} + 7\sqrt{3} - 4\sqrt{3}$$

$$b) \sqrt{12} + \sqrt{75}$$

##### Resolução

$$a) 2\sqrt{3} + 7\sqrt{3} - 4\sqrt{3} = (2 + 7 - 4)\sqrt{3} = 5\sqrt{3}$$

b) Neste caso, como os radicais não são semelhantes, procede-se à sua factorização.

Como  $\sqrt{12} = \sqrt{2^2 \times 3} = 2\sqrt{3}$  e  $\sqrt{75} = \sqrt{5^2 \times 3} = 5\sqrt{3}$ , então

$$\sqrt{12} + \sqrt{75} = 2\sqrt{3} + 5\sqrt{3} = (2 + 5)\sqrt{3} = 7\sqrt{3}.$$

#### 3.7.2. Multiplicação de radicais

$$\text{Para } a, b \in \mathbb{R}_0^+ \text{ e } n \in \mathbb{N}^*, \sqrt[n]{a} \times \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a \times b}.$$

Para calcular o produto de duas raízes, multiplicamos os radicandos e, posteriormente, calculamos a raiz do produto. Apenas no caso dos radicandos serem quadrados perfeitos é que podemos calcular a raiz de cada um separadamente.

##### EXEMPLO:

$$\sqrt{9} \times \sqrt{4} = 3 \times 2 = 6$$

##### OBSERVAÇÃO:

Não é possível somar primeiro os dois radicais e só depois extrair a raiz quadrada, porque, se tal pudesse acontecer:

$$\sqrt{9} + \sqrt{4} = \sqrt{9+4} = \sqrt{13}$$

$$\approx 3,606 \neq 5, \text{ pelo que}$$

$$\sqrt{9} + \sqrt{4} \neq \sqrt{9+4}.$$



**EXEMPLO:**

Calcule o valor das seguintes operações.

a)  $\sqrt{25} \times \sqrt{36}$

b)  $\sqrt{2} \times \sqrt{18}$

c)  $\sqrt{11} \times \sqrt{9}$

**Resolução**

- a) Como os radicandos são quadrados perfeitos, é mais fácil calcular a raiz quadrada de cada radical.

$$\sqrt{25} \times \sqrt{36} = 5 \times 6 = 30$$

- b) Neste caso, é mais correcto calcular primeiro o produto e depois a raiz quadrada, porque os radicandos não são quadrados perfeitos.

$$\sqrt{2} \times \sqrt{18} = \sqrt{36} = 6$$

- c) Como apenas um dos radicandos é um quadrado perfeito, calcula-se primeiro o produto e só depois a raiz quadrada.

$$\sqrt{11} \times \sqrt{9} = \sqrt{99} \approx 9,95$$

**OBSERVAÇÃO:**

No caso de termos calculado primeiro as raízes de cada radical, triplicávamos o erro, o que devemos evitar sempre que possível.

**3.7.3. Divisão de radicais**

$$\text{Para } a, b \in \mathbb{R}_0^+ \text{ e } n \in \mathbb{N}^*, \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}}.$$

Na divisão de radicais, dividimos os radicandos e, posteriormente, calculamos a raiz do resultado de divisão. No caso dos radicandos serem quadrados perfeitos podemos calcular separadamente a raiz do numerador e do denominador e só depois dividir o resultado obtido.

**EXEMPLOS:**

a)  $\frac{\sqrt{64}}{\sqrt{16}} = \frac{8}{4} = 2$

b)  $\frac{\sqrt[3]{125}}{\sqrt[3]{64}} = \frac{5}{4}$

**EXEMPLO:**

Calcule o valor das seguintes operações.

a)  $\sqrt[4]{8} : \sqrt[4]{2}$

b)  $\sqrt[6]{20} : \sqrt[6]{5} : \sqrt[3]{2}$

**Resolução**

a)  $\sqrt[4]{8} : \sqrt[4]{2} = \sqrt[4]{8 : 2} = \sqrt[4]{4}$

b)  $\sqrt[6]{20} : \sqrt[6]{5} : \sqrt[3]{2} = \sqrt[6]{20 : 5} : \sqrt[3]{2} = \sqrt[6]{4} : \sqrt[3]{2} = \sqrt[6]{2^2} : \sqrt[3]{2} = \sqrt[3]{2} : \sqrt[3]{2} = 1$



## Quadro-síntese das operações com radicais

Consideremos  $a, b \in \mathbb{R}_0^+$ ,  $c, d \in \mathbb{R}$  e  $m, n \in \mathbb{N}^*$ .

| Propriedades                                            | Exemplos                                        |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| $c\sqrt[n]{a} \pm d\sqrt[n]{a} = (c \pm d)\sqrt[n]{a}$  | $-2\sqrt[3]{5} + 4\sqrt[3]{5} = 2\sqrt[3]{5}$   |
| $\sqrt[n]{a} \times \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a \times b}$ | $\sqrt[4]{6} \times \sqrt[4]{2} = \sqrt[4]{12}$ |
| $\sqrt[n]{a} : \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a : b}$           | $\sqrt[3]{8} : \sqrt[3]{2} = \sqrt[3]{4}$       |

### 3.8. Racionalização de denominadores

A preocupação até este momento foi simplificar os resultados das operações com radicais. Em todas as situações descritas obtivemos expressões simples em que o denominador não é um radical. Se tal não acontecesse já não se podia considerar uma expressão simplificada e, neste caso, era necessário **racionalizar o denominador**, ou seja, escrever uma expressão equivalente sem radical no denominador. O procedimento é o seguinte:

- 1.º Determina-se um número irracional que multiplicado pelo denominador dê um número racional;
- 2.º Multiplicam-se ambos os termos da fracção por esse número irracional.

#### EXEMPLOS:

$$a) \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1 \times \sqrt{2}}{\sqrt{2} \times \sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$b) \frac{2}{\sqrt[3]{3}} = \frac{2 \times \sqrt[3]{3^2}}{\sqrt[3]{3} \times \sqrt[3]{3^2}} = \frac{2 \times \sqrt[3]{3^2}}{\sqrt[3]{3^3}} = \frac{2\sqrt[3]{9}}{3}$$

$$c) \frac{6}{\sqrt{2}} = \frac{6 \times \sqrt{2}}{\sqrt{2} \times \sqrt{2}} = \frac{6 \times \sqrt{2}}{2} = 3\sqrt{2}$$

#### OBSERVAÇÃO:

- Os binómios  $\sqrt{a} + \sqrt{b}$  e  $\sqrt{a} - \sqrt{b}$  dizem-se **expressões conjugadas** assim como os binómios  $a + bx$  e  $a - bx$ .
- Aplicando a propriedade distributiva,  $(a + bx) \times (a - bx) = a^2 - b^2x^2$ .

Se o denominador for um binómio da forma  $\sqrt{a} + \sqrt{b}$  ou  $\sqrt{a} - \sqrt{b}$ , multiplicamos ambos os termos da fracção pelo conjugado da expressão do denominador.



**EXEMPLO:**

Racionalize os denominadores das seguintes frações.

a)  $\frac{2}{2 + \sqrt{2}}$

b)  $\frac{\sqrt{2}}{2 + \sqrt{2}} - \frac{\sqrt{2}}{1 + \sqrt{2}}$

**Resolução**

- a) Sabendo que o conjugado de  $(2 - \sqrt{2})$  é  $(2 + \sqrt{2})$  e que,  
 $(\sqrt{a} + \sqrt{b})(\sqrt{a} - \sqrt{b}) = a - b$ :

$$\frac{2}{2 + \sqrt{2}} = \frac{2 \times (2 - \sqrt{2})}{(2 + \sqrt{2}) \times (2 - \sqrt{2})} = \frac{2 \times (2 - \sqrt{2})}{4 - 2} = \frac{2 \times (2 - \sqrt{2})}{2} = 2 - \sqrt{2}.$$

$$\begin{aligned} \text{b) } \frac{\sqrt{2}}{2 + \sqrt{2}} - \frac{\sqrt{2}}{1 + \sqrt{2}} &= \frac{\sqrt{2}(1 + \sqrt{2}) - \sqrt{2}(2 + \sqrt{2})}{(2 + \sqrt{2})(1 + \sqrt{2})} = \frac{\sqrt{2} + 2 - 2\sqrt{2} - 2}{(2 + \sqrt{2})(1 + \sqrt{2})} = \\ &= -\frac{\sqrt{2}}{4 + 3\sqrt{2}} = \frac{-\sqrt{2} \times (4 - 3\sqrt{2})}{(4 + 3\sqrt{2}) \times (4 - 3\sqrt{2})} = \frac{-4\sqrt{2} + 6}{-2} = 2\sqrt{2} - 3 \end{aligned}$$

**OBSERVAÇÃO:**

Para  $a, b \in \mathbb{R}_0^+$ ,

$$\begin{aligned} (\sqrt{a} + \sqrt{b})(\sqrt{a} - \sqrt{b}) &= \\ &= (\sqrt{a})^2 - \sqrt{a}\sqrt{b} + \\ &+ \sqrt{b}\sqrt{a} + (\sqrt{b})^2 = \\ &= a - b \end{aligned}$$

**Exercício n.º 6**

1. Simplifique as seguintes expressões.

a)  $2\sqrt{2} + 8\sqrt{2} - 5\sqrt{2}$

b)  $7\sqrt{5} - \sqrt{5} - 3\sqrt{5}$

c)  $8\sqrt{17} + 2\sqrt{17} - 15\sqrt{17}$

d)  $\sqrt{12} + \sqrt{27} + \sqrt{48}$

e)  $3\sqrt{2} + \sqrt{50} - \sqrt{32}$

f)  $3\sqrt{8} - 8\sqrt{18} + 2\sqrt{72}$

g)  $3\sqrt{5} + \sqrt{20} - \sqrt{125}$

h)  $\sqrt{75} + \sqrt{48} - \sqrt{108}$

i)  $\sqrt[3]{5} + 3\sqrt[3]{5} - 2\sqrt[3]{5}$

2. Efectue as seguintes operações.

a)  $\sqrt{16} + 9 - (4 + 2)\sqrt{9}$

b)  $7 - 3\sqrt{4 + 12} + 2\sqrt{6^2}$

c)  $(\sqrt{2 + 3})^2 - (\sqrt{36} + \sqrt{9})$

d)  $\frac{5\sqrt{8} \times 12\sqrt{5}}{6\sqrt{16} \times 10\sqrt{10}}$

e)  $\frac{(3 + 2)\sqrt{2} \times 4(\sqrt{3})^2}{6 \times 3\sqrt{32}}$

f)  $\frac{\sqrt{5} + \sqrt{40}}{\sqrt{5}} - \sqrt{8} + (\sqrt{5})^2$

3. Racionalize os denominadores das frações seguintes:

a)  $\frac{x}{\sqrt{x}}$ , com  $x > 0$ ;

b)  $\frac{2 + \sqrt{a}}{\sqrt{a}}$ , com  $a > 0$ ;

c)  $\frac{3}{1 + \sqrt{3}}$ .

4. Efectue as seguintes operações.

a)  $12\sqrt[3]{9} + 3\sqrt[3]{9}$

b)  $8\sqrt[4]{2} + \sqrt[4]{2}$

c)  $\sqrt{21} + \sqrt[4]{21^2}$

d)  $8\sqrt[6]{12} - 5\sqrt[6]{12}$

e)  $\frac{1}{2}\sqrt{2} - \frac{3}{2}\sqrt{2} - \sqrt{2}$

f)  $\sqrt[3]{3} - \sqrt{2} + 3\sqrt[6]{3} + \sqrt[6]{2^3}$

5. Calcule o valor das seguintes expressões.

a)  $\sqrt[5]{3} \times \sqrt[5]{4}$

b)  $\sqrt[3]{3} \times \sqrt[3]{a^3}$

c)  $\sqrt[8]{5} \times \sqrt[8]{3^3} \times \sqrt[8]{2}$

d)  $\sqrt{2^3} : \sqrt{5^2}$

e)  $\frac{\sqrt[3]{a} \times \sqrt[3]{b} \times \sqrt[3]{a^2b^2}}{\sqrt[3]{ab}}$

f)  $\frac{\sqrt{a^2b^3c^5}}{\sqrt{a^4bc^3}}$

6. Calcule o valor das seguintes expressões.

a)  $3\sqrt{2}(2\sqrt{3} - 4\sqrt{12} - 6\sqrt{27} + 8\sqrt{48})$

b)  $(4\sqrt{28} - 3\sqrt{63}) \times 5\sqrt{2} - (\sqrt{2} + 6\sqrt{32}) \times 2\sqrt{7}$

1. De entre as seguintes afirmações indique a falsa.

(A) 5 é um número natural.

(B)  $\frac{1}{2}$  é um número racional.

(C) 5,7 é um número irracional.

(D)  $\sqrt{3}$  é um número real.

2. Qual dos seguintes números está situado, na recta graduada, entre  $\frac{5}{8}$  e  $\frac{3}{4}$ ?

(A)  $\frac{7}{8}$

(B)  $\sqrt{2}$

(C)  $\frac{11}{16}$

(D)  $\frac{15}{16}$

3. Escreva o sinal  $<$  ou  $>$  entre os números.

a)  $-1,7$  \_\_\_\_\_  $-7$

b)  $\pi$  \_\_\_\_\_  $\sqrt{17}$

c)  $-\frac{8}{3}$  \_\_\_\_\_  $-2,7$

d)  $\sqrt{2}$  \_\_\_\_\_  $1,14$

4. Calcule as seguintes expressões pelo processo que entender mais adequado.

a)  $-(-4) + 6 + (-4) + (+1) - (+3)$

b)  $-1250 - (-250) + 225$

c)  $100 - 200 - [- (+200)] - 1$

d)  $-\left(\frac{4}{3}\right) + \left(-\frac{3}{4}\right) + 1$

e)  $\frac{1}{2} - \frac{3}{2} - \frac{250}{500} - \left(-\frac{9}{6}\right) + 5$

5. Simplifique e calcule.

a)  $-5 \times (-8) : (-4)$

b)  $(-3) + (-2) \times 10 : (-2)$

c)  $-4(-2 - 3) + \frac{4}{5} \times \frac{1}{2} : \left(-\frac{2}{10}\right)$

d)  $-7 - (-8) + \frac{2}{5} : 2$

e)  $(-2) + (-5) \times \frac{(-2)}{(-4)} \times (+2) \times (-1)$



6. Sabendo que  $\sqrt{2} \approx 1,4142$  e  $\sqrt{5} \approx 2,2361$ , calcule um valor aproximado por defeito às centésimas de:

a)  $\sqrt{18}$ ;      b)  $\sqrt{20}$ ;      c)  $\sqrt{5} + \sqrt{2}$ ;      d)  $\sqrt{5} - 3\sqrt{2}$ .

7. Sabendo que o lado de um triângulo equilátero mede  $2\sqrt{3}$  m, calcule um valor aproximado às décimas do seu perímetro.

8. Compare os seguintes radicais.

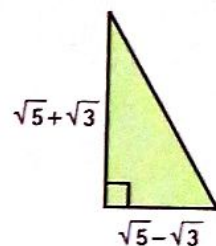
$$\sqrt{2} \text{ — } \sqrt[3]{3} \qquad \sqrt[3]{3^2} \text{ — } \sqrt[4]{2^3} \qquad \sqrt[7]{\frac{1}{5}} \text{ — } \sqrt[7]{\frac{2}{9}}$$

9. Simplifique as expressões seguintes.

a)  $\sqrt{50}$       b)  $\frac{\sqrt[3]{108}}{\sqrt[3]{4}}$       c)  $\sqrt{200ab^3}$       d)  $\sqrt{12xyz^2}$

10. Num triângulo rectângulo em que os catetos medem  $\sqrt{5} + \sqrt{3}$  e  $\sqrt{5} - \sqrt{3}$ , calcule:

- a) a medida da hipotenusa;      b) a área do triângulo.



O desenho não está feito à escala.

11. Determine o lado do quadrado cuja área é igual a:

a)  $\sqrt{5}$ ;      b)  $\sqrt[3]{10}$ ;      c)  $4\sqrt{3}$ .

12. Calcule as seguintes expressões.

a)  $3\sqrt{5} + \sqrt{8} - \sqrt{125} - \sqrt{72} + 4\sqrt{2}$

b)  $\sqrt[3]{27} + \sqrt[3]{81} - 3\sqrt[3]{3} - 9$

c)  $(2 - \sqrt{3})(2 + \sqrt{3})$

d)  $(8 - 3\sqrt{2})^2$

e)  $(5\sqrt{2} - 1)(3\sqrt{2} + 4)$

f)  $(3\sqrt{2} - 2\sqrt{7})(4\sqrt{2} + 5\sqrt{7})$

g)  $\frac{\sqrt{5} \times \sqrt{40}}{\sqrt{5}}$

h)  $\frac{(2\sqrt{3})^2 - \sqrt{25}}{4(\sqrt{7})^2}$

13. Racionalize os denominadores das seguintes fracções.

a)  $\frac{2 + \sqrt{b}}{1 - \sqrt{b}}$

b)  $\frac{\sqrt{7} - \sqrt{2}}{\sqrt{7} + \sqrt{2}}$

c)  $\frac{2 - \sqrt{3}}{2 + \sqrt{3}}$

d)  $\frac{2}{4 + 3\sqrt{2}}$







# 2

## INEQUAÇÕES LINEARES E SISTEMAS DE INEQUAÇÕES LINEARES COM UMA VARIÁVEL

1.

INTERVALOS REAIS

2.

INEQUAÇÕES LINEARES COM UMA VARIÁVEL

3.

SISTEMAS DE INEQUAÇÕES LINEARES COM UMA VARIÁVEL



# 2

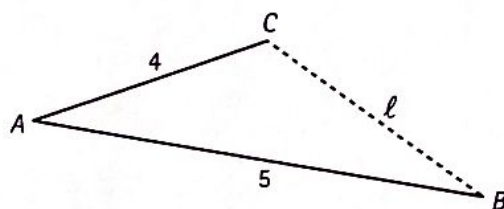
## INEQUAÇÕES LINEARES E SISTEMAS DE INEQUAÇÕES LINEARES COM UMA VARIÁVEL

### 1. Intervalos reais

#### 1.1. Noção de intervalo real

Pretende-se construir um triângulo em que dois dos seus lados tenham de comprimento 4 e 5 centímetros.

Qual deve ser o comprimento do terceiro lado, sabendo que é maior que 1 centímetro?

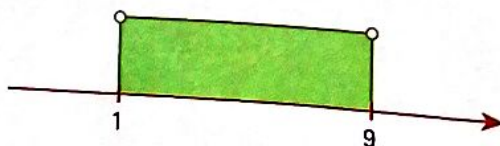


Tendo em conta que para construir um triângulo cada lado tem de ser menor que a soma dos outros dois (desigualdade triangular), então  $l < 4 + 5 \Leftrightarrow l < 9$ . Por outro lado, de acordo com as condições do enunciado,  $l > 1$ . Os valores que satisfazem, simultaneamente, as duas condições têm de ser maiores que 1 e menores que 9, isto é, o comprimento do terceiro lado pode tomar todos os valores entre 1 e 9.

Simbolicamente,

$$1 < l < 9$$

Uma representação na recta graduada (eixo real) pode ser a seguinte:



Nos pontos de abcissa 1 e 9 aparecem "bolas abertas" para indicar que os números 1 e 9 não pertencem ao conjunto-solução.

Outra forma de representar o conjunto de números mencionados é sob a forma de intervalos de números reais:

$$\{l \in \mathbb{R} : 1 < l < 9\} = ]1, 9[$$

Intervalo de números reais

#### UM POUCO DE HISTÓRIA...

Os sinais  $>$  (maior que) e  $<$  (menor que) estão ligados ao matemático Thomaz Harriot (1560-1621) fundador da escola inglesa de Álgebra. No entanto, os sinais  $\geq$  e  $\leq$  viriam a surgir mais tarde, em 1734, com o francês Pierre Bouguer.



O conjunto dos números reais,  $\mathbb{R}$ , assim como qualquer outro conjunto, possui subconjuntos denominados intervalos reais que podem ser representados por desigualdades.

Consideremos os seguintes conjuntos para os números reais  $a$  e  $b$ , com  $a < b$ .

### Intervalo aberto de extremos $a$ e $b$ :

$$]a, b[ = \{x \in \mathbb{R} : a < x < b\}$$

Os elementos deste conjunto são todos os números reais maiores que  $a$  e menores que  $b$ .

#### EXEMPLO:

$$A = \{x \in \mathbb{R} : 7 < x < 9\}$$

Representação do conjunto  $A$  no eixo real:



Representação do conjunto  $A$  sob a forma de intervalo:  $A = ]7, 9[$ .

Pela mesma razão das "bolas abertas" na representação no eixo real, os parêntesis rectos estão virados para fora nos extremos do intervalo. Por isso, o intervalo diz-se aberto.

### Intervalo fechado de extremos $a$ e $b$ :

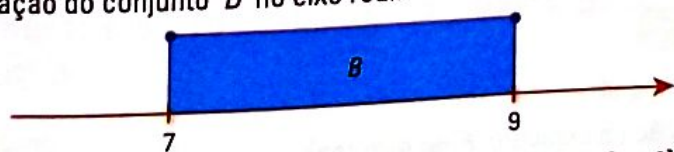
$$[a, b] = \{x \in \mathbb{R} : a \leq x \leq b\}$$

Os elementos deste conjunto são todos os números reais maiores ou iguais que  $a$  e menores ou iguais que  $b$ .

#### EXEMPLO:

$$B = \{x \in \mathbb{R} : 7 \leq x \leq 9\}$$

Representação do conjunto  $B$  no eixo real:



Representação do conjunto  $B$  sob a forma de intervalo:  $B = [7, 9]$ .

Os extremos do intervalo pertencem ao conjunto  $B$  e, por isso, os parêntesis rectos estão virados para dentro, na representação sob a forma de intervalos. Pela mesma razão, as "bolas" estão fechadas na representação no eixo real, logo, o intervalo diz-se fechado.



### Intervalo fechado à esquerda e aberto à direita:

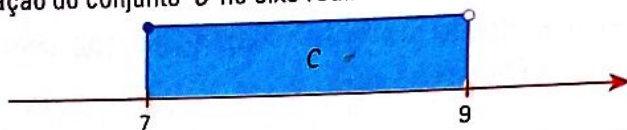
$$[a, b[ = \{x \in \mathbb{R} : a \leq x < b\}$$

Os elementos deste conjunto são todos os números reais maiores ou iguais que  $a$  e menores que  $b$ .

#### EXEMPLO:

$$C = \{x \in \mathbb{R} : 7 \leq x < 9\}$$

Representação do conjunto  $C$  no eixo real:



Representação do conjunto  $C$  sob a forma de intervalo:  $C = [7, 9[$ .

### Intervalo aberto à esquerda e fechado à direita:

$$]a, b] = \{x \in \mathbb{R} : a < x \leq b\}$$

Os elementos deste conjunto são todos os números reais maiores que  $a$  e menores ou iguais que  $b$ .

#### EXEMPLO:

$$D = \{x \in \mathbb{R} : 7 < x \leq 9\}$$

Representação do conjunto  $D$  no eixo real:



Representação do conjunto  $D$  sob a forma de intervalo:  $D = ]7, 9]$ .

### Semi-intervalo fechado à direita:

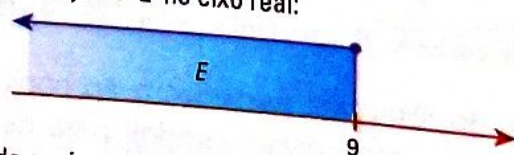
$$]-\infty, b] = \{x \in \mathbb{R} : x \leq b\}$$

Os elementos deste conjunto são todos os números reais menores ou iguais que  $b$ .

#### EXEMPLO:

$$E = \{x \in \mathbb{R} : x \leq 9\}$$

Representação do conjunto  $E$  no eixo real:



Representação do conjunto  $E$  sob a forma de intervalo:  $E = ]-\infty, 9]$

O símbolo  $-\infty$  indica que o intervalo é ilimitado à esquerda

#### UM POUCO DE HISTÓRIA...

O símbolo que indica o número infinito,  $\infty$ , foi proposto pelo matemático inglês John Wallis em 1655 no *Tractatus de Sectionibus Conicis*. Este símbolo tem a forma de uma curva chamada "lemniscata de Bernoulli" (oito deitado).



### Semi-intervalo aberto à direita:

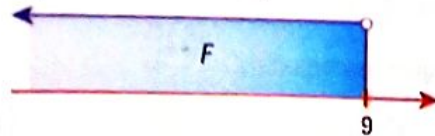
$$]-\infty, b[ = \{x \in \mathbb{R} : x < b\}$$

Os elementos deste conjunto são todos os números reais menores que  $b$ .

#### EXEMPLO:

$$F = \{x \in \mathbb{R} : x < 9\}$$

Representação do conjunto  $F$  no eixo real:



Representação do conjunto  $F$  sob a forma de intervalo:  $F = ]-\infty, 9[$ .

### Semi-intervalo fechado à esquerda:

$$[a, +\infty[ = \{x \in \mathbb{R} : x \geq a\}$$

Os elementos deste conjunto são todos os números reais maiores ou iguais que  $a$ .

#### EXEMPLO:

$$G = \{x \in \mathbb{R} : x \geq 7\}$$

Representação do conjunto  $G$  no eixo real:



Representação do conjunto  $G$  sob a forma de intervalo:  $G = [7, +\infty[$ .

O símbolo  $+\infty$  indica que o intervalo é ilimitado à direita.

### Semi-intervalo aberto à esquerda:

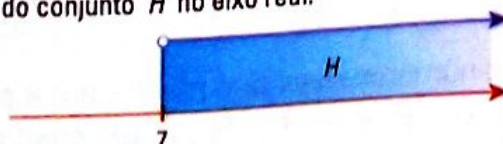
$$]a, +\infty[ = \{x \in \mathbb{R} : x > a\}$$

Os elementos deste conjunto são todos os números reais maiores que  $a$ .

#### EXEMPLO:

$$H = \{x \in \mathbb{R} : x > 7\}$$

Representação do conjunto  $H$  no eixo real:



Representação do conjunto  $H$  sob a forma de intervalo:  $H = ]7, +\infty[$ .



### Exercício n.º 1

1. Represente no eixo real os seguintes intervalos.

$$A = [0, 3]$$

$$B = \left] -\frac{2}{3}, 5 \right[$$

$$C = [-\sqrt{2}, -1[$$

$$D = ]-4, 0]$$

2. Indique dois números:

a) inteiros que pertençam ao intervalo  $[1, 3[$ ;

b) racionais do intervalo  $]0,4; 0,5[$ ;

c) um racional e outro irracional do intervalo  $] -\sqrt{5}, 0[$ .

3. Represente no eixo real e sob a forma de intervalo os seguintes conjuntos.

$$A = \{x \in \mathbb{R} : x > -2\}$$

$$B = \left\{x \in \mathbb{R} : x < \frac{7}{2}\right\}$$

$$C = \{x \in \mathbb{R} : x > -\sqrt{3}\}$$

$$D = \left\{x \in \mathbb{R} : -\frac{1}{2} \leq x < 0\right\}$$

4. Complete com os símbolos  $\in$  ou  $\notin$  de modo a obter afirmações verdadeiras.

a)  $4 \underline{\hspace{1cm}} [2, 5]$

b)  $-2 \underline{\hspace{1cm}} [-2, +\infty[$

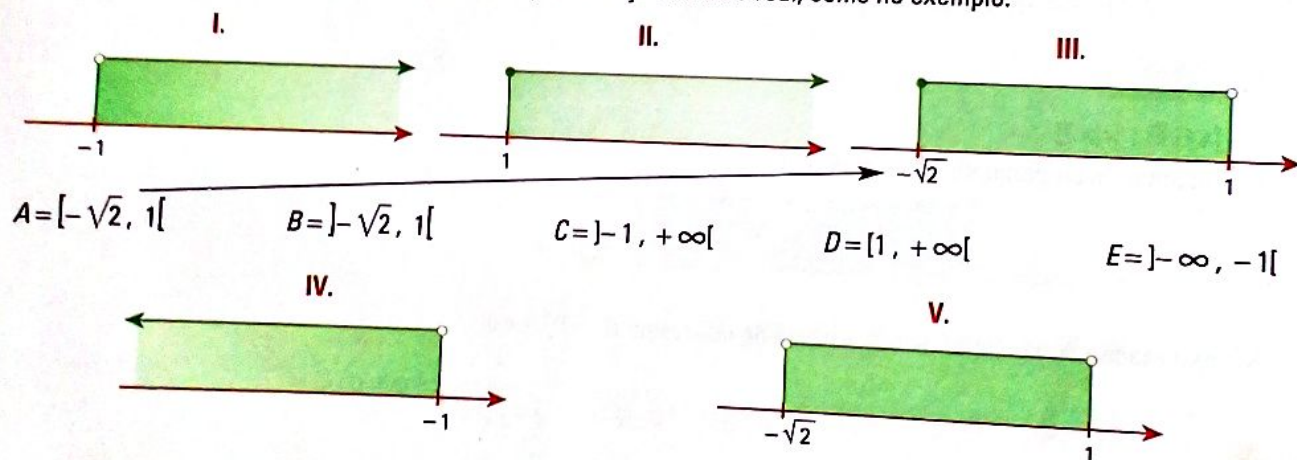
c)  $0 \underline{\hspace{1cm}} \left[-7, -\frac{1}{2}\right]$

d)  $3 \underline{\hspace{1cm}} ]-\infty, 3[$

e)  $\frac{1}{5} \underline{\hspace{1cm}} [-1, 1[$

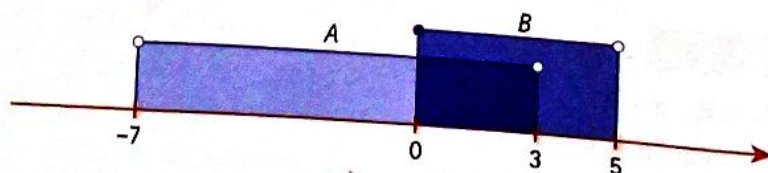
f)  $\frac{10}{2} \underline{\hspace{1cm}} [-5, 5]$

5. Associe cada um dos intervalos à respectiva representação no eixo real, como no exemplo.



### 1.2. Reunião e intersecção de intervalos reais

Consideremos os conjuntos  $A = ]-7, 3[$  e  $B = [0, 5[$  e suas representações no eixo real.



O conjunto dos números reais que pertencem a pelo menos um dos conjuntos  $A$  ou  $B$  é  $] -7, 5[$ , a que chamamos conjunto reunião dos intervalos  $A$  e  $B$  e escreve-se  $A \cup B = ] -7, 5[$ .



O conjunto dos números reais que pertencem, simultaneamente, aos conjuntos  $A$  e  $B$  é  $[0, 3[$ . A este conjunto dá-se o nome de conjunto intersecção dos intervalos  $A$  e  $B$  e escreve-se  $A \cap B = [0, 3[$ .

**OBSERVAÇÃO:**

Na representação geométrica, o conjunto reunião tem pelo menos uma das cores e o conjunto intersecção tem as duas cores.

**EXEMPLO:**

Determine os conjuntos reunião e intersecção de:

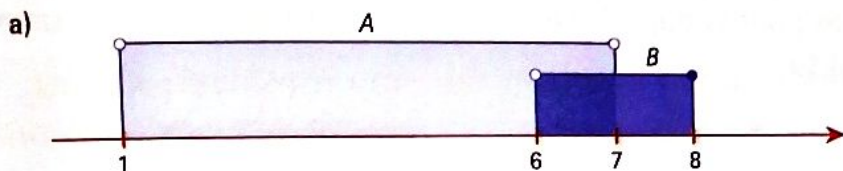
a)  $A = ]1, 7[$  e  $B = ]6, 8]$ ;

b)  $A = ]-\infty, 0[$  e  $B = ]-\infty, 5[$ ;

c)  $A = [2, +\infty[$  e  $B = ]-5, -1[$ ;

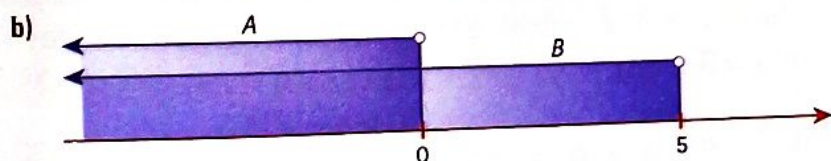
d)  $A = ]-\infty, 5[$  e  $B = [-4, +\infty[$ .

**Resolução**



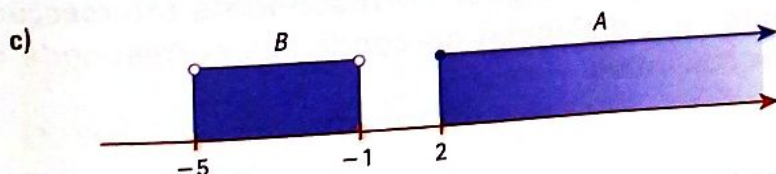
$$A \cup B = ]1, 8]$$

$$A \cap B = ]6, 7[$$



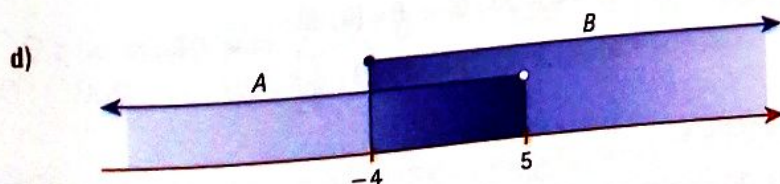
$$A \cup B = ]-\infty, 5[$$

$$A \cap B = ]-\infty, 0[$$



$$A \cup B = ]-5, -1[ \cup [2, +\infty[$$

$$A \cap B = \emptyset$$



$$A \cup B = ]-\infty, +\infty[ = \mathbb{R}$$

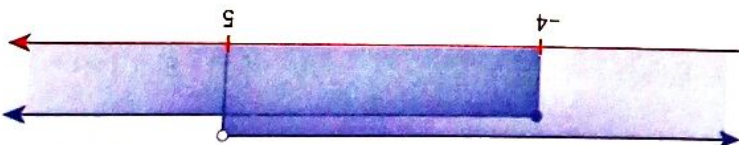
$$A \cap B = [-4, 5[$$



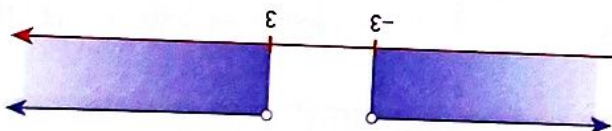
### 1.3. Conjunção e disjunção de condições

A condição  $-4 \leq x < 5$  é equivalente à condição  $x \geq -4 \wedge x < 5$ .  
 lê-se "e"

O conjunto-solução desta conjunção de condições é o conjunto dos números reais que verificam as duas condições e corresponde à interseção dos dois intervalos, ou seja,  $[-4, +\infty[ \cap ]-\infty, 5] = [-4, 5]$ .



A condição  $|x| > 3$  representa, geometricamente, o conjunto de pontos cuja distância à origem é maior que 3 unidades, ou seja:



O conjunto-solução da condição referida é o conjunto dos números reais que verificam, pelo menos, uma das condições,  $x < -3$  ou  $x > 3$  e pode escrever-se, simbolicamente,  $x < -3 \vee x > 3$ .  
 lê-se "ou"

A disjunção de condições referida corresponde à reunião dos conjuntos, ou seja,  $]-\infty, -3[ \cup ]3, +\infty[$ .  
 A conjunção de condições corresponde à interseção de conjuntos e a disjunção de condições corresponde à reunião de conjuntos.

### Exercício n.º 2

- Determine os conjuntos reunião e interseção dos conjuntos:
  - $A = ]-10, 0]$  e  $B = [0, 5]$ ;
  - $A = ]-\infty, 5]$  e  $B = ]3, +\infty[$ ;
- Indique sob a forma de intervalo as seguintes condições.
  - $x > 5 \vee x > -1$
  - $x < 0 \wedge x \geq -4$

- $A = ]-20, 0]$  e  $B = [0, 5]$ ;
  - $A = ]-2, 2]$  e  $B = \left[3, \frac{7}{2}\right]$ .
- $x < -3 \vee x \leq 0$
  - $x \geq 3 \wedge x \leq 3$



## 2. Inequações lineares com uma variável

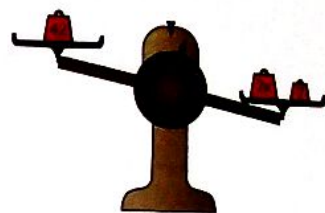
### 2.1. Noção de inequação linear com uma variável

Consideremos o problema seguinte:

Qual o "peso" de um objecto cujo dobro aumentado de 7 unidades é menor que 42 ?

O problema proposto pode ser traduzido pela expressão  $2x + 7 < 42$  onde a variável  $x$  representa o "peso" do objecto. A expressão referida designa-se por inequação linear.

Tal como a equação linear, a inequação linear é uma expressão do 1.º grau, só que, em vez do sinal igual, tem um sinal de desigualdade.



Uma **inequação** é uma desigualdade entre expressões que envolve variáveis.

A terminologia que usamos nas equações mantém-se nas inequações:

| Inequação     | 1.º membro | 2.º membro | Termos           | Incógnita |
|---------------|------------|------------|------------------|-----------|
| $2x + 7 < 42$ | $2x + 7$   | 42         | $2x, +7$ e $+42$ | $x$       |

Por tentativas, podemos verificar que existem várias soluções, ou seja, vários números que satisfazem a inequação.

Por exemplo:

– para  $x = -5 \Rightarrow 2(-5) + 7 < 42$  (verdadeiro);

– para  $x = 0 \Rightarrow 2 \times 0 + 7 < 42$  (verdadeiro).

Os seguintes números não são soluções da inequação, como podemos verificar:

– para  $x = 30 \Rightarrow 2 \times 30 + 7 < 42$  (falso);

– para  $x = 1000 \Rightarrow 2 \times 1000 + 7 < 42$  (falso).

Diz-se então que  $-5, 0, \dots$  são soluções, ao contrário de  $30, 1000, \dots$  que não são soluções da inequação.

A **solução de uma inequação** são todos os valores que atribuídos à incógnita satisfazem a inequação, isto é, transformam-na numa desigualdade numérica verdadeira.



### EXEMPLOS:

1. Das inequações seguintes, indique o 1.º e o 2.º membros e os seus termos.

a)  $4 - x > 2x$

b)  $9 \leq \frac{1}{2}y - 2$

2. Averigüe se 2 e -1 são soluções das inequações seguintes.

a)  $\frac{1}{2}(x+1) < -x+2$

b)  $(x-1)^2 - 1 > x^2 + 3$

### Resolução

1. a) 1.º membro:  $4 - x$ ; 2.º membro:  $2x$ ; termos:  $4, -x$  e  $2x$ ;

b) 1.º membro:  $9$ ; 2.º membro:  $\frac{1}{2}y - 2$ ; termos:  $9, \frac{1}{2}y$  e  $-2$ .

2. a) Para  $x=2$ ,  $\frac{1}{2}(2+1) < -2+2 \Leftrightarrow \frac{3}{2} < 0$  (falso).

Assim, 2 não é solução da inequação.

Para  $x=-1$ ,  $\frac{1}{2}(-1+1) < -(-1)+2 \Leftrightarrow 0 < 3$  (verdadeiro).

Assim, -1 é solução da inequação.

b) Para  $x=2$ ,  $(2-1)^2 - 1 > 2^2 + 3 \Leftrightarrow 0 > 7$  (falso).

Assim, 2 não é solução da inequação.

Para  $x=-1$ ,  $(-1-1)^2 - 1 > (-1)^2 + 3 \Leftrightarrow 3 > 4$  (falso).

Assim, -1 não é solução da inequação.

## 2.2. Resolução de inequações lineares com uma variável

Na classe anterior, aprendemos a resolver equações lineares usando os seguintes princípios de equivalência:

- **Princípio da adição:** adicionando (ou subtraindo) a ambos os membros da equação o mesmo número obtemos uma equação equivalente à dada;
- **Princípio da multiplicação:** multiplicando ambos os membros da equação pelo mesmo número não nulo obtemos uma equação equivalente à dada.

Estes princípios continuam a ser válidos para uma inequação linear.

### OBSERVAÇÃO:

Duas inequações lineares são **equivalentes** se tiverem o mesmo conjunto-solução

**Princípio da adição:** adicionando (subtraindo) a ambos os membros de uma inequação o mesmo número obtemos uma inequação equivalente à dada.

Como consequência do princípio da adição, podemos formular a seguinte regra prática:

Se numa inequação, passarmos qualquer termo de um membro para outro com mudança de sinal, obtemos uma inequação equivalente à dada.

### EXEMPLO:

Resolva as seguintes inequações.

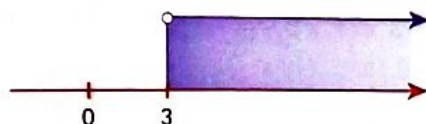
a)  $x + 4 > 7$

b)  $x - 10 \leq 4$

c)  $7 - 2x < 1 - 3x$

### Resolução

a)  $x + 4 > 7 \Leftrightarrow x > 7 - 4 \Leftrightarrow x > 3$



Solução:  $x \in ]3, +\infty[$

b)  $x - 10 \leq 4 \Leftrightarrow x \leq 4 + 10 \Leftrightarrow x \leq 14$



Solução:  $x \in ]-\infty, 14]$

c)  $7 - 2x < 1 - 3x \Leftrightarrow -2x + 3x < 1 - 7 \Leftrightarrow x < -6$



Solução:  $x \in ]-\infty, -6[$

**Princípio da multiplicação:** multiplicando ambos os membros de uma inequação pelo mesmo número diferente de zero obtemos uma inequação equivalente à dada. Contudo:

- se o número for positivo, **mantém-se** o sentido da desigualdade;
- se o número for negativo, **inverte-se** o sentido da desigualdade.

### OBSERVAÇÃO:

Na desigualdade  $5 > 4$  se multiplicarmos ambos os membros por 2, continuamos a ter uma desigualdade verdadeira porque  $5 \times 2 > 4 \times 2 \Leftrightarrow 10 > 8$ . Contudo, se multiplicarmos por  $-2$ , a desigualdade só se mantém verdadeira se se inverter o sentido da desigualdade, ou seja:

$$5 > 4 \Leftrightarrow 5 \times (-2) < 4 \times (-2) \\ \Leftrightarrow -10 < -8.$$



**EXEMPLO:**

Resolva as seguintes inequações lineares.

a)  $2x > 6$

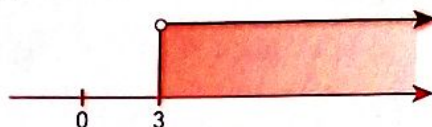
b)  $-7x \leq 3$

c)  $\frac{7x}{3} - 4 \leq x - \frac{2}{3}$

d)  $\frac{2x}{5} - \frac{1}{5} \left( \frac{4x}{3} - 4 \right) > x + \frac{7}{5}$

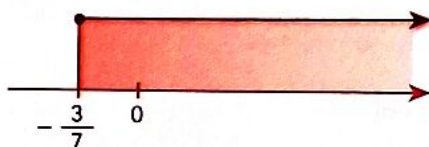
**Resolução**

a)  $2x > 6 \Leftrightarrow x > \frac{6}{2} \Leftrightarrow x > 3$



Solução:  $x \in ]3, +\infty[$

b)  $-7x \leq 3 \Leftrightarrow 7x \geq -3 \Leftrightarrow x \geq -\frac{3}{7}$

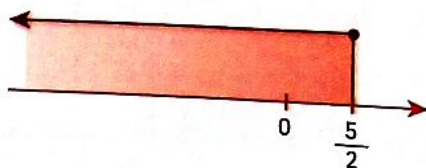


Solução:  $x \in \left[-\frac{3}{7}, +\infty\right[$

c)  $\frac{7x}{3} - 4 \leq x - \frac{2}{3} \Leftrightarrow \frac{7x}{3} - \frac{4}{1} \leq \frac{x}{1} - \frac{2}{3}$   
(1) (3) (3) (1)

$\Leftrightarrow 7x - 12 \leq 3x - 2 \Leftrightarrow 7x - 3x \leq 12 - 2$

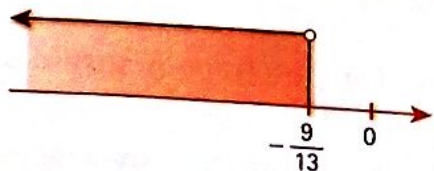
$\Leftrightarrow 4x \leq 10 \Leftrightarrow x \leq \frac{10}{4} \Leftrightarrow x \leq \frac{5}{2}$



Solução:  $x \in \left]-\infty, \frac{5}{2}\right]$

d)  $\frac{2x}{5} - \frac{1}{5} \left( \frac{4x}{3} - 4 \right) > x + \frac{7}{5} \Leftrightarrow \frac{2x}{5} - \frac{4x}{15} + \frac{4}{5} > \frac{x}{1} + \frac{7}{5}$   
(3) (1) (3) (15) (3)

$\Leftrightarrow 6x - 4x + 12 > 15x + 21 \Leftrightarrow -13x > 9 \Leftrightarrow 13x < -9 \Leftrightarrow x < -\frac{9}{13}$



Solução:  $x \in \left]-\infty, -\frac{9}{13}\right[$

A aplicação dos princípios de equivalência das inequações lineares conduz à sua resolução, isto é, à determinação do seu conjunto-solução.

De um modo geral, qualquer inequação linear pode ser resolvida pelo seguinte procedimento:

- 1.º Desembaraçar de parêntesis;
- 2.º Desembaraçar de denominadores;
- 3.º Juntar os termos com incógnita num dos membros e os que não têm incógnita no outro membro utilizando o princípio de adição;
- 4.º Efectuar os cálculos para simplificar as expressões em cada membro;
- 5.º Dividir ambos os membros pelo coeficiente da incógnita utilizando o princípio da multiplicação;
- 6.º Representar a solução no eixo real e sob a forma de intervalo.

#### EXEMPLO:

Resolva as seguintes inequações e represente a solução no eixo real e sob a forma de intervalo.

a)  $7 + 4x - 5 > 2x - 7$

b)  $12x + 5 - x \leq 7x - 4$

c)  $4(2 - x) > 3(x - 4)$

d)  $\frac{3 - x}{3} - \frac{2(x - 1)}{4} \geq \frac{1}{12} - \frac{4(x - 1)}{6}$

#### Resolução

a)  $7 + 4x - 5 > 2x - 7 \Leftrightarrow 4x - 2x > 5 - 7 - 7 \Leftrightarrow 2x > -9 \Leftrightarrow x > -\frac{9}{2}$

Solução:  $x \in ]-\frac{9}{2}, +\infty[$

b)  $12x + 5 - x \leq 7x - 4 \Leftrightarrow 12x - x - 7x \leq -4 - 5 \Leftrightarrow 4x \leq -9 \Leftrightarrow x \leq -\frac{9}{4}$

Solução:  $x \in ]-\infty, -\frac{9}{4}]$

c)  $4(2 - x) > 3(x - 4) \Leftrightarrow 8 - 4x > 3x - 12 \Leftrightarrow -4x - 3x > -12 - 8 \Leftrightarrow$   
 $\Leftrightarrow -7x > -20 \Leftrightarrow 7x < 20 \Leftrightarrow x < \frac{20}{7}$

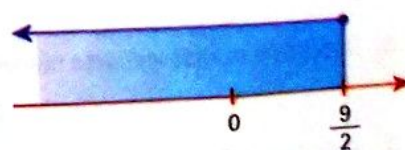
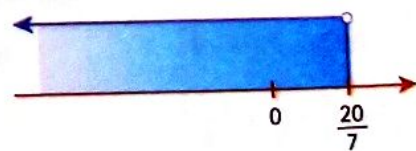
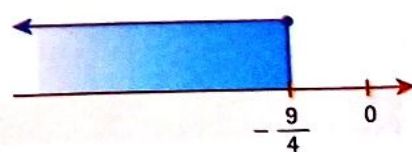
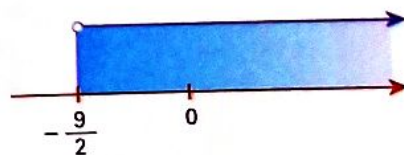
Solução:  $x \in ]-\infty, \frac{20}{7}[$

d)  $\frac{3 - x}{3} - \frac{2(x - 1)}{4} \geq \frac{1}{12} - \frac{4(x - 1)}{6} \Leftrightarrow \frac{3 - x}{3} - \frac{2x - 2}{4} \geq \frac{1}{12} - \frac{4x - 4}{6} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow 4(3 - x) - 3(2x - 2) \geq 1 - 2(4x - 4) \Leftrightarrow 12 - 4x - 6x + 6 \geq 1 - 8x + 8 \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow -2x \geq -9 \Leftrightarrow 2x \leq 9 \Leftrightarrow x \leq \frac{9}{2}$

Solução:  $x \in ]-\infty, \frac{9}{2}]$





A aplicação dos princípios de equivalência das inequações lineares conduz à sua resolução, isto é, à determinação do seu conjunto-solução.

De um modo geral, qualquer inequação linear pode ser resolvida pelo seguinte procedimento:

- 1.º Desembaraçar de parêntesis;
- 2.º Desembaraçar de denominadores;
- 3.º Juntar os termos com incógnita num dos membros e os que não têm incógnita no outro membro utilizando o princípio de adição;
- 4.º Efectuar os cálculos para simplificar as expressões em cada membro;
- 5.º Dividir ambos os membros pelo coeficiente da incógnita utilizando o princípio da multiplicação;
- 6.º Representar a solução no eixo real e sob a forma de intervalo.

#### EXEMPLO:

Resolva as seguintes inequações e represente a solução no eixo real e sob a forma de intervalo.

a)  $7 + 4x - 5 > 2x - 7$

b)  $12x + 5 - x \leq 7x - 4$

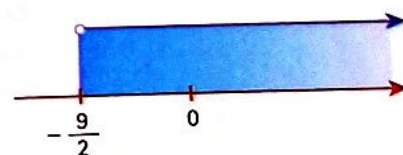
c)  $4(2 - x) > 3(x - 4)$

d)  $\frac{3 - x}{3} - \frac{2(x - 1)}{4} \geq \frac{1}{12} - \frac{4(x - 1)}{6}$

#### Resolução

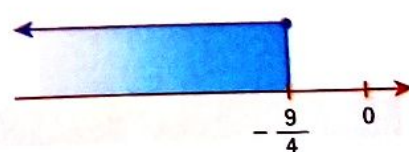
a)  $7 + 4x - 5 > 2x - 7 \Leftrightarrow 4x - 2x > 5 - 7 - 7 \Leftrightarrow 2x > -9 \Leftrightarrow x > -\frac{9}{2}$

Solução:  $x \in ]-\frac{9}{2}, +\infty[$



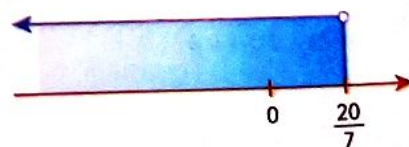
b)  $12x + 5 - x \leq 7x - 4 \Leftrightarrow 12x - x - 7x \leq -4 - 5 \Leftrightarrow 4x \leq -9 \Leftrightarrow x \leq -\frac{9}{4}$

Solução:  $x \in ]-\infty, -\frac{9}{4}]$



c)  $4(2 - x) > 3(x - 4) \Leftrightarrow 8 - 4x > 3x - 12 \Leftrightarrow -4x - 3x > -12 - 8 \Leftrightarrow$   
 $\Leftrightarrow -7x > -20 \Leftrightarrow 7x < 20 \Leftrightarrow x < \frac{20}{7}$

Solução:  $x \in ]-\infty, \frac{20}{7}[$

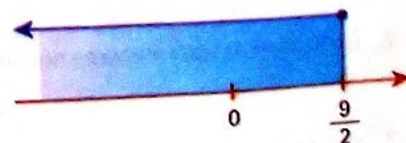


d)  $\frac{3 - x}{3} - \frac{2(x - 1)}{4} \geq \frac{1}{12} - \frac{4(x - 1)}{6} \Leftrightarrow \frac{3 - x}{3} - \frac{2x - 2}{4} \geq \frac{1}{12} - \frac{4x - 4}{6} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow 4(3 - x) - 3(2x - 2) \geq 1 - 2(4x - 4) \Leftrightarrow 12 - 4x - 6x + 6 \geq 1 - 8x + 8 \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow -2x \geq -9 \Leftrightarrow 2x \leq 9 \Leftrightarrow x \leq \frac{9}{2}$

Solução:  $x \in ]-\infty, \frac{9}{2}]$





### 2.3. Classificação de inequações lineares com uma variável

Atendendo à existência ou não da solução, as inequações lineares a uma incógnita podem ser classificadas em inequações impossíveis, possíveis e determinadas ou possíveis e indeterminadas.

#### EXEMPLO:

Resolva e classifique cada uma das seguintes inequações lineares.

a)  $2(3x - 4) > 6x + 1$

b)  $5x - 2 < 5(x + 1) + 7$

c)  $2x - 5x \geq 3 + x$

#### Resolução

a)  $2(3x - 4) > 6x + 1 \Leftrightarrow 6x - 8 > 6x + 1 \Leftrightarrow 0x > 9 \Leftrightarrow 0 > 9$

A desigualdade obtida é falsa para qualquer valor de  $x$ , por isso a inequação diz-se **impossível**.

b)  $5x - 2 < 5(x + 1) + 7 \Leftrightarrow 5x - 2 < 5x + 5 + 7 \Leftrightarrow 0x < 14 \Leftrightarrow 0 < 14$

A desigualdade obtida é verdadeira para todo o valor de  $x$ , por isso a inequação diz-se **possível e indeterminada**.

c)  $2x - 5x \geq 3 + x \Leftrightarrow 2x - 5x - x \geq 3 \Leftrightarrow -4x \geq 3 \Leftrightarrow 4x \leq -3 \Leftrightarrow x \leq -\frac{3}{4}$

Solução:  $x \in \left] -\infty, -\frac{3}{4} \right]$



A solução da inequação é possível e determinada, logo, a inequação diz-se **possível e determinada**.

#### Exercício n.º 3

1. Resolva e classifique as seguintes inequações lineares.

a)  $2x + 3 > x - 4$

b)  $x + 2 \leq x - 3 + 4x$

d)  $\frac{x}{3} - \frac{2}{3} \geq \frac{x-1}{6}$

e)  $x + 2 - \frac{4}{5} \leq \frac{x-1}{5}$

c)  $(2x - 1) - (3x + 2) + 2 > 2x - 2$

f)  $\frac{3(x-1)}{2} + \frac{x+2}{3} < \frac{1}{6}$

g)  $\frac{3}{2} \left( x - \frac{1}{2} \right) \leq \frac{1}{2} (2x - 1) + 1$

h)  $1 - \frac{x}{3} \geq -3x - (5 - 4x)$

i)  $\frac{9-3x}{4} + \frac{2x+1}{6} < 1 - \frac{x-3}{2}$

2. Determine os dois menores números inteiros que verificam a inequação  $\frac{x}{3} - 4 < 2x + 2$ .

3. Calcule os três menores números inteiros que satisfazem a inequação  $\frac{2(x-1)}{3} + \frac{x-3}{2} < 4$



### 3. Sistemas de inequações lineares com uma variável

#### 3.1. Noção de sistema de inequações lineares com uma variável

Consideremos o problema:

O António pretende construir um curral rectangular para as suas cabras, cujo comprimento é 10 metros maior que a largura.

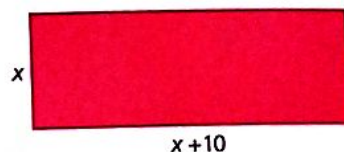
Quais devem ser as dimensões do curral se o seu perímetro tem de ser menor que 42 metros?



#### Resolução

O perímetro de qualquer rectângulo é  $P = 2(c + \ell)$ , pelo que, neste caso,

$$P = 2(x + x + 10) = 2(2x + 10) = 4x + 20$$



Como o perímetro de um rectângulo é sempre um número positivo e, de acordo com o enunciado do problema, não deve exceder os 42 metros, então:

$$4x + 20 > 0 \text{ e } 4x + 20 < 42.$$

As duas inequações devem ser satisfeitas para os mesmos valores da incógnita  $x$ .

Este conjunto de duas inequações, cuja solução é dada pela intersecção dos conjuntos-solução das duas inequações lineares, designa-se por sistema de inequações lineares com uma variável e escreve-se:

$$\begin{cases} 4x + 20 > 0 \\ 4x + 20 < 42 \end{cases}$$

#### 3.2. Resolução de sistemas de inequações lineares com uma variável

O procedimento da resolução de um sistema de inequações lineares pode ser o seguinte:

- 1.º Resolve-se cada inequação do sistema separadamente;
- 2.º Representam-se as soluções das inequações do sistema no mesmo eixo real;
- 3.º A solução do sistema será a parte do eixo real que é comum às soluções das inequações do sistema. Esta solução é representada sob a forma de intervalos.

**EXEMPLO:**

Resolva e classifique os seguintes sistemas de inequações lineares.

$$\text{a)} \begin{cases} x-1 > 0 \\ -2x \geq -4 \end{cases}$$

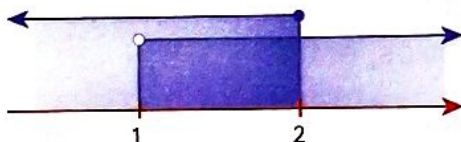
$$\text{b)} \begin{cases} \frac{x}{2} + 1 < 5 - \frac{2x}{3} \\ \frac{3}{2}(x+1) \geq x-1 \end{cases}$$

$$\text{c)} \begin{cases} \frac{2x-1}{3} \leq 1+4x \\ 2(x-3) + \frac{1}{2}(x+1) < 0 \end{cases}$$

$$\text{d)} \begin{cases} \frac{x-1}{3} - \frac{x+2}{2} \geq \frac{x}{6} \\ \frac{1+2x}{2} > \frac{2x+2}{8} - \frac{3}{4} \end{cases}$$

**Resolução**

$$\text{a)} \begin{cases} x-1 > 0 \\ -2x \geq -4 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x > 1 \\ 2x \leq 4 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x > 1 \\ x \leq 2 \end{cases}$$

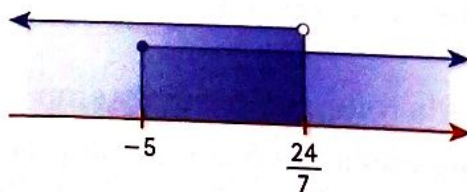


Solução:  $x \in ]1, 2]$

Sistema possível e determinado

$$\text{b)} \begin{cases} \frac{x}{2} + 1 < 5 - \frac{2x}{3} \\ \frac{3}{2}(x+1) \geq x-1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{x}{2} + \frac{1}{1} < \frac{5}{1} - \frac{2x}{3} \\ \frac{3x}{2} + \frac{3}{2} \geq x - \frac{1}{1} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{3x}{6} + \frac{6}{6} < \frac{30}{6} - \frac{4x}{6} \\ \frac{3x}{2} + \frac{3}{2} \geq x - \frac{1}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 3x + 6 < 30 - 4x \\ 3x + 3 \geq 2x - 2 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 3x + 4x < 30 - 6 \\ 3x - 2x \geq -2 - 3 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 7x < 24 \\ x \geq -5 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x < \frac{24}{7} \\ x \geq -5 \end{cases}$$



Solução:  $x \in \left[-5, \frac{24}{7}\right[$

Sistema possível e determinado

$$\text{c)} \begin{cases} 2x \\ 2 \end{cases}$$

$\Leftrightarrow$

Sol

Sis

$$\text{d)} \begin{cases} x \\ 1 \end{cases}$$

$\Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow$

S

S

**Exercício**

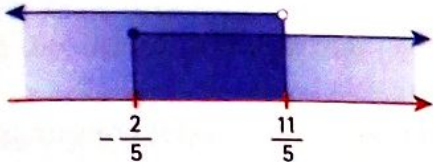
Resolva

$$\bullet \text{ a)} \begin{cases} \end{cases}$$

c)

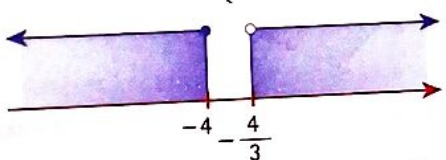
e)



$$\begin{aligned}
 \text{c) } \begin{cases} \frac{2x-1}{3} \leq 1+4x \\ 2(x-3) + \frac{1}{2}(x+1) < 0 \end{cases} &\Leftrightarrow \begin{cases} 2x-1 \leq 3+12x \\ \frac{2}{1}x - \frac{6}{1} + \frac{x}{2} + \frac{1}{2} < 0 \end{cases} \Leftrightarrow \\
 &\Leftrightarrow \begin{cases} 2x-12x \leq 3+1 \\ 4x-12+x+1 < 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} -10x \leq 4 \\ 4x+x < 12-1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 10x \geq -4 \\ 5x < 11 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x \geq -\frac{2}{5} \\ x < \frac{11}{5} \end{cases}
 \end{aligned}$$


Solução:  $x \in \left[-\frac{2}{5}, \frac{11}{5}\right)$

Sistema possível e determinado

$$\begin{aligned}
 \text{d) } \begin{cases} \frac{x-1}{3} - \frac{x+2}{2} \geq \frac{x}{6} \\ \frac{1+2x}{2} > \frac{2x+2}{8} - \frac{3}{4} \end{cases} &\Leftrightarrow \begin{cases} 2(x-1) - 3(x+2) \geq x \\ 4+8x > 2x+2-6 \end{cases} \Leftrightarrow \\
 &\Leftrightarrow \begin{cases} 2x-2-3x-6 \geq x \\ 4+8x > 2x+2-6 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 2x-3x-x \geq 6+2 \\ 8x-2x > 2-6-4 \end{cases} \Leftrightarrow \\
 &\Leftrightarrow \begin{cases} -2x \geq 8 \\ 6x > -8 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 2x \leq -8 \\ 6x > -8 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x \leq -\frac{8}{2} \\ x > -\frac{8}{6} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x \leq -4 \\ x > -\frac{4}{3} \end{cases}
 \end{aligned}$$


Solução:  $x \in \emptyset$

Sistema impossível

#### Exercício n.º 4

Resolva os seguintes sistemas de inequações lineares.

$$\begin{aligned}
 \text{a) } \begin{cases} \frac{x}{2} - \frac{x-1}{3} > 1 \\ \frac{2x-12}{3} < 2x \end{cases} &\quad \text{b) } \begin{cases} x - \frac{x+4}{3} < 1 \\ 1 > \frac{3x-1}{2} \end{cases} \\
 \text{c) } \begin{cases} x-2 < 3x - \frac{1}{4}(x-6) \\ 2x+3 < 1 - (2x+2) \end{cases} &\quad \text{d) } \begin{cases} \frac{2(x-2)}{3} - \frac{3(x+1)}{2} < \frac{x-1}{2} + 1 \\ 3 - \frac{2(x+2)}{3} > x + \frac{x-3}{2} \end{cases} \\
 \text{e) } \begin{cases} \frac{x-3}{4} - \frac{3(1-2x)}{2} \geq 1 \\ \frac{2}{3}(x+3) \geq \frac{1}{2}(2x-1) - 2 \end{cases} &\quad \text{f) } \begin{cases} 1-x \leq \frac{x+1}{3} \\ 1 + \frac{3(1-x)}{4} > 4 \end{cases}
 \end{aligned}$$

### 3.3. Resolução de problemas que envolvam inequações lineares e sistemas de inequações lineares com uma variável

O procedimento da resolução de problemas usando inequações é o seguinte:

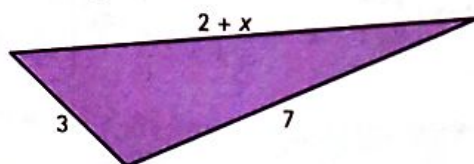
- 1.º Definição por escrito do significado da variável (incógnita);
- 2.º Formulação da inequação ou inequações que traduzem o problema;
- 3.º Resolução da inequação ou das inequações;
- 4.º Análise da solução em relação à definição da incógnita;
- 5.º Formulação da resposta no contexto do problema.

#### EXEMPLOS:

1. Determine os três menores números que verificam a inequação:

$$\frac{1+2x}{2} > \frac{2x+2}{8} - \frac{3}{4}$$

2. Determine o maior número inteiro que aumentado da sua terça parte é menor que a sua metade aumentada de duas unidades.
3. Considere o seguinte triângulo:

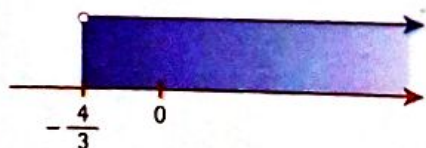


Dentro das condições de existência do triângulo, quais os valores possíveis para  $x$ ?

4. Por uma mensagem dos Estados Unidos da América para Moçambique, via fax, a empresa Correios de Moçambique cobra 1,37 dólares americanos pela primeira página e 0,67 dólares pelas restantes, completas ou não. Qual é o número máximo de páginas de uma dessas mensagens, para que o seu preço não ultrapasse os 10 dólares americanos?

#### Resolução

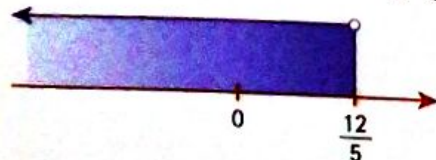
1. Seja  $x$  um número inteiro.



$$\begin{aligned} \frac{1+2x}{2} &> \frac{2x+2}{8} - \frac{3}{4} && \Leftrightarrow 4(1+2x) > 2x+2-6 && \Leftrightarrow 4+8x > 2x+2-6 \\ &&& \Leftrightarrow 8x-2x > 2-6-4 && \Leftrightarrow x > -\frac{8}{6} && \Leftrightarrow x > -\frac{4}{3} \end{aligned}$$

R.: Os três menores números inteiros de  $x$  são:  $-1$ ,  $0$  e  $1$ .

2. Seja  $x$  um número inteiro.



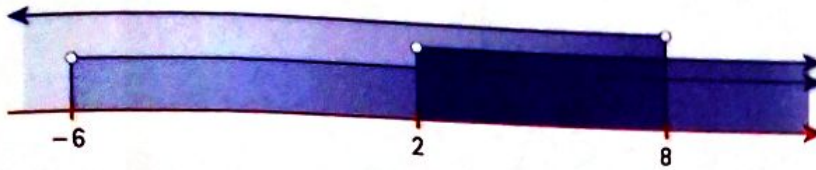
$$\frac{x}{1} + \frac{1}{3}x < \frac{1}{2}x + \frac{2}{1} \Leftrightarrow 6x+2x < 3x+12 \Leftrightarrow 5x < 12 \Leftrightarrow x < \frac{12}{5}$$

R.: O maior número inteiro é  $2$ .



3. Para ser possível construir o triângulo, os seus lados têm de respeitar a desigualdade triangular.

$$\begin{cases} 2+x < 3+7 \\ 3 < 2+x+7 \\ 7 < 2+x+3 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x < 3+7-2 \\ -x < 2+7-3 \\ -x < 2+3-7 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x < 8 \\ -x < 6 \\ -x < -2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x < 8 \\ x > -6 \\ x > 2 \end{cases}$$



R.: Os valores possíveis são:  $2 < x < 8$ .

4. Seja  $x$  o número de mensagens.

$$1,37 + 0,67x \leq 10 \Leftrightarrow 0,67x \leq 10 - 1,37 \Leftrightarrow x \leq \frac{8,63}{0,67} \Leftrightarrow x \leq 12,9$$

R.: O número máximo de mensagens é 12.

### Exercício n.º 5

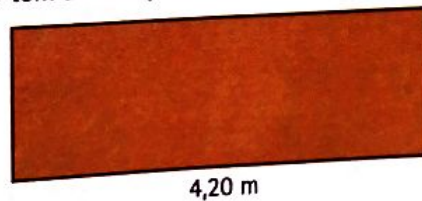
1. Determine os valores reais de  $x$ , de tal modo que a expressão  $\frac{5-4x}{2}$  seja:

a) positiva;                      b) não negativa mas inferior a 1.

2. Determine:

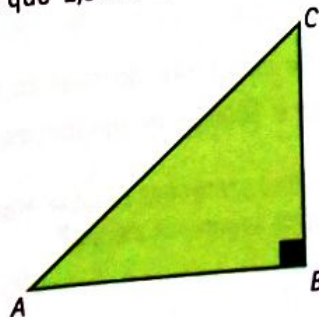
a) os maiores dois números pares consecutivos cuja soma é menor que 100;  
b) os menores dois números ímpares consecutivos cuja soma é maior que 500.

3. Um dos lados de uma sala rectangular tem de comprimento 4,20 metros.



Qual deve ser o comprimento do outro lado, de modo que a área da sala esteja compreendida entre 35 e 40 m<sup>2</sup>?

4. Num triângulo rectângulo  $[ABC]$ , sabe-se que  $2,5 \text{ cm} < \overline{AB} < 2,6 \text{ cm}$  e que  $3,1 \text{ cm} < \overline{BC} < 3,2 \text{ cm}$ .



Determine entre que valores pode variar o comprimento da hipotenusa.



5. A Rita e a Inês tinham o mesmo número de tiras de medula para fazer uma esteira.



A Rita deu a sexta parte e ficou com menos de 61 tiras e a Inês deu a oitava parte das suas e ficou com mais de 63. Quantas tiras de medula tinham cada uma?

6. O Carlos trabalha como *disc-jockey* (DJ) e para animar a festa cobra uma taxa fixa de 100,00 Mt e 20,00 Mt por hora. O Daniel, na mesma função, cobra uma taxa fixa de 55,00 Mt e 35,00 Mt por hora.
- Defina uma expressão que represente o custo da contratação em função do número de horas de trabalho do Carlos e do Daniel.
  - Qual deve ser o tempo máximo de duração de uma festa para que a contratação do Daniel não fique mais cara que a do Carlos?
7. Três planos de telefone móvel são apresentados na tabela abaixo.

| Plano | Custo fixo mensal | Custo adicional por minuto |
|-------|-------------------|----------------------------|
| A     | 35,00 Mt          | 0,50 Mt                    |
| B     | 20,00 Mt          | 0,80 Mt                    |
| C     | 0,00 Mt           | 1,20 Mt                    |

- Qual é o plano mais vantajoso para uma pessoa que utilize o telemóvel 25 minutos por mês?
  - A partir de quantos minutos de uso mensal o plano A é mais vantajoso que os outros dois?
8. O Manuel está à procura de um emprego de modo que, do total do salário que receber, possa gastar  $\frac{1}{4}$  com a alimentação,  $\frac{2}{5}$  com o arrendamento da casa e 3000,00 Mt em roupas e lazer.
- Se descontadas todas essas despesas, ele ainda pretender que lhe sobrem no mínimo 850,00 Mt, quanto deve ser o seu salário mínimo para que as suas pretensões sejam satisfeitas?



Para cada questão são indicadas quatro alternativas, das quais só uma está correcta.

Escreva a letra correspondente à alternativa que seleccionar para responder à questão.

1. Dos seguintes conjuntos, qual pode ser representado sob a forma de intervalos de números reais?

- (A)  $\{1, 3\}$  (B)  $\{x \in \mathbb{Q} : x > 1\}$   
(C)  $\{x \in \mathbb{R} : 0 < x \leq 5\}$  (D)  $\{x \in \mathbb{N} : x > 2\}$

2. Qual das seguintes afirmações é verdadeira?

- (A) O intervalo  $]1, 3[$  só tem um elemento.  
(B) O maior número inteiro que pertence ao intervalo  $] -2, +\infty[$  é  $-1$ .  
(C) O menor número inteiro que pertence ao intervalo  $]1, 5]$  é  $1$ .  
(D) O maior número inteiro que pertence ao intervalo  $] -\infty; -2,5]$  é  $-3$ .

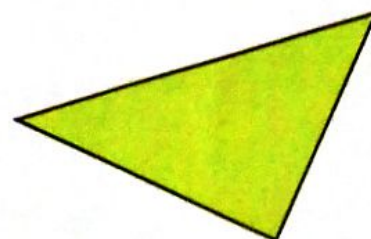
3. Dados os conjuntos  $M = ]-\infty, 3[$ ,  $N = [3, +\infty[$  e  $P = [3, 5]$ , então:

- (A)  $M \cap N = \{3\}$ ; (B)  $M \cap P = \{3\}$ ;  
(C)  $N \cap P = P$ ; (D)  $M \cup P = ]-\infty, 5[$ .

4. Dois lados de um triângulo medem  $5\text{ cm}$  e  $7\text{ cm}$ .

Então, o terceiro lado mede  $x\text{ cm}$ , tal que:

- (A)  $x > 7$ ; (B)  $x > 5$ ;  
(C)  $x \in ]2, 12]$ ; (D)  $x \in ]2, 12[$ .



5. Qual das seguintes afirmações é verdadeira?

Se  $a < b$ , então:

(A)  $a + 3 < b - 3$ ;

(B)  $-2a > -2b$ ;

(C)  $a + 5 \geq b + 5$ ;

(D)  $2a \leq 2b$ .

6. Considere a inequação  $\frac{x}{2} < 0,2 + \frac{3x}{5}$ .

(A) A inequação dada é equivalente a  $3x - 2 < -8$ .

(B) O menor número inteiro que é solução da inequação é  $-1$ .

(C) A solução da inequação é igual a  $-3$ .

(D) Não há nenhum número natural que seja solução da inequação.

II

1. Dados os seguintes conjuntos  $A$  e  $B$ , indique os seus conjuntos reunião e intersecção.

a)  $A = \{x \in \mathbb{R} : x > 2\}$

e  $B = \{x \in \mathbb{R} : x < 2,3\}$ ;

b)  $A = \{x \in \mathbb{R} : x \geq 5\}$

e  $B = \{x \in \mathbb{R} : x \geq -1\}$ ;

c)  $A = \{x \in \mathbb{R} : -1 < x < 3\}$

e  $B = \{x \in \mathbb{R} : x \geq 0\}$ ;

d)  $A = \left\{x \in \mathbb{R} : \frac{x-1}{2} \leq -\frac{1}{3}\right\}$  e  $B = \left\{x \in \mathbb{R} : -\frac{1}{2}x > 0\right\}$ .

2. Resolva as seguintes inequações e apresente a solução sob a forma de intervalos.

a)  $1 - 2(x - 3) \geq \frac{1}{2}$

b)  $1 \leq \frac{3}{2} - \frac{x-1}{5}$

c)  $\frac{x-1}{6} - 2(x+1) < \frac{3x-4}{9}$

d)  $\frac{2x+1}{3} - (x+1) > \frac{2x+1}{2}$

3. Resolva os sistemas de inequações lineares seguintes.

a) 
$$\begin{cases} \frac{x}{2} + 1 < 5 - \frac{2x}{3} \\ \frac{3}{2}(x+1) \geq x-1 \end{cases}$$

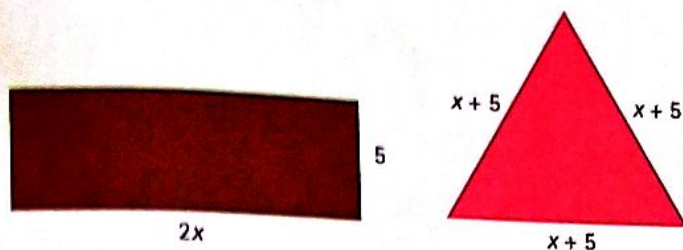
b) 
$$\begin{cases} |x| \leq 2 \\ \frac{x+3}{2} < 1 \end{cases}$$

c) 
$$\begin{cases} x - (3x+4) \leq 2 \\ \frac{7}{2}x - 3(x-2) \geq 2x - \frac{1}{2} \end{cases}$$

d) 
$$\begin{cases} 2 - \frac{x-1}{3} \leq x - \frac{1}{2} \\ \frac{1 - (2x-1)}{2} - x > 1 \end{cases}$$



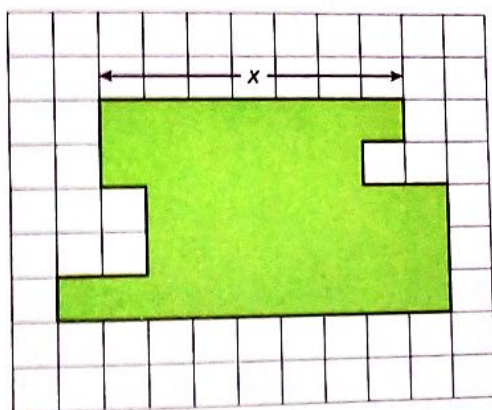
4. Na figura estão representados um rectângulo e um triângulo.



Determine o valor de  $x$  de modo que:

- a) o perímetro do rectângulo seja igual ao perímetro do triângulo;
- b) o perímetro do rectângulo seja menor ou igual ao perímetro do triângulo.

5. Observe a figura seguinte.



- a) Calcule o perímetro da figura em função de  $x$ .
- b) Apresente um enquadramento do perímetro, supondo que  $1,2 \text{ cm} < x < 1,4 \text{ cm}$ .

6. A Maria tem 7 anos e o seu pai tem 30 anos. Daqui a quantos anos a idade do pai é superior ao dobro e inferior ao triplo da idade da sua filha Maria?

7. Um rectângulo tem de largura 10 cm. Qual deve ser a medida do comprimento tal que:

- a) a área seja superior a  $30 \text{ cm}^2$ ?
- b) o perímetro seja superior a 60 cm e não superior a 82 cm?







# 3

## MONÓMIOS E POLINÓMIOS

1.

**MONÓMIOS**

2.

**POLINÓMIOS**

3.

**CASOS NOTÁVEIS DA MULTIPLICAÇÃO**

4.

**FACTORIZAÇÃO DE UM POLINÓMIO**



# 3

## MONÓMIOS E POLINÓMIOS

### 1. Monómios

#### 1.1. Noção de monómio

Consideremos um terreno com a forma de um quadrado de lado igual a 50 metros.

Quantos metros de rede são necessários para vedar o terreno?

$$50 + 50 + 50 + 50 = 4 \times 50 = 200$$

São necessários 200 metros de rede.

Para um terreno quadrado de lado  $\ell$ , o número de metros de rede que se gasta é dado pela expressão:

$$\ell + \ell + \ell + \ell = 4 \times \ell$$

que representa o perímetro, em metros, de um quadrado de lado  $\ell$ , onde 4 é a constante e  $\ell$  a variável. A expressão que representa o perímetro do quadrado pode tomar diversos valores:

| $\ell$                  | 10                 | 5                 | 100                  |
|-------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| $4 \times \ell = 4\ell$ | $4 \times 10 = 40$ | $4 \times 5 = 20$ | $4 \times 100 = 400$ |

As expressões  $4\ell$ ,  $x$ ,  $3$ ,  $14$ ,  $-y$ ,  $\frac{1}{3}x$  e  $-\frac{20}{3}$  designam-se por monómios.

Nestas expressões aparecem apenas números, letras e produtos entre números e letras.

Um **monómio** é uma expressão onde só figuram produtos de números, podendo alguns desses factores ser representados por letras.

#### OBSERVAÇÃO:

Em vez da expressão  $4 \times \ell$  utiliza-se, simplesmente,  $4\ell$ , suprimindo o sinal "x" colocado entre o número e a variável. No entanto, quando se substitui a variável por um número é absolutamente necessário escrever o sinal "x", pois  $4 \times 10$  é diferente de 410.



**EXEMPLOS:**

$2x$ ;  $-\frac{x}{2}$ ;  $3xy$ ;  $-\frac{x^2y}{4}$ ;  $7$ ;  $-\frac{1}{3}$ ;  $2xyz$  e  $ax^2$  são exemplos de monómios.

A **parte numérica** de um monómio designa-se por **coeficiente** e as **letras** constituem a **parte literal**.

**EXEMPLOS:**

| Monómio       | $2x$ | $-\frac{x}{2}$ | $3xy$ | $-\frac{x^2y}{4}$ | $7$ | $-\frac{1}{3}$ | $2xyz$ | $ax^2$ |
|---------------|------|----------------|-------|-------------------|-----|----------------|--------|--------|
| Coeficiente   | 2    | $-\frac{1}{2}$ | 3     | $-\frac{1}{4}$    | 7   | $-\frac{1}{3}$ | 2      | 1      |
| Parte literal | $x$  | $x$            | $xy$  | $x^2y$            |     |                | $xyz$  | $ax^2$ |

O **grau** de um monómio é a soma dos expoentes da parte literal.

**EXEMPLO:**

Indique o grau dos seguintes monómios:

$2x$ ;  $-\frac{x}{2}$ ;  $3xy$ ;  $-\frac{x^2y}{3}$ ;  $7$ ;  $-\frac{1}{3}$ ;  $2xyz$  e  $xyzw$ .

**Resolução**

| Monómio | $2x$ | $-\frac{x}{2}$ | $3xy$      | $-\frac{x^2y}{4}$ | $7$ | $-\frac{1}{3}$ | $2xyz$       | $xyzw$         |
|---------|------|----------------|------------|-------------------|-----|----------------|--------------|----------------|
| Grau    | 1    | 1              | 2<br>(1+1) | 3<br>(2+1)        | 0   | 0              | 3<br>(1+1+1) | 4<br>(1+1+1+1) |

**OBSERVAÇÃO:**

$a^0 = 1$  para qualquer número real  $a$  não nulo.

**1.2. Monómios semelhantes**

Dois monómios que têm a mesma parte literal dizem-se **monómios semelhantes**.

**EXEMPLOS:**

$x$  e  $\frac{1}{3}x$ ;  $3xy$  e  $-5xy$ ;  $xy$  e  $-xy$  são exemplos de monómios semelhantes.

Dois monómios semelhantes com coeficientes simétricos dizem-se **monómios simétricos**.

**EXEMPLOS:**

$xy$  e  $-xy$ ;  $\frac{x^2y}{3}$  e  $-\frac{x^2y}{3}$ ;  $\sqrt{2}ab$  e  $-\sqrt{2}ab$  são exemplos de monómios simétricos.



# Exercício n.º 1

1. Traduza para linguagem matemática as seguintes situações.

a) Qual a idade do Pedro daqui a três anos?

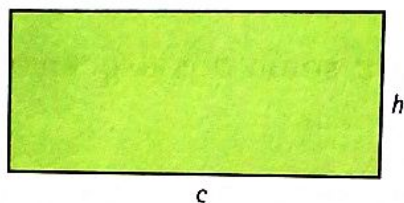
b) O Rui tem 14 anos. Qual era a sua idade há  $y$  anos?

c) A Ana viajou a uma velocidade média ( $v$ ) de 50 km/h. Qual a expressão que representa a distância ( $d$ ), em quilómetros, que a Ana percorreu em  $t$  horas?

Note que  $v = \frac{d}{t}$ .

d) A Eva emprestou, do seu dinheiro, 20 Mt ao João e a terça parte do restante à Rita. Quanto dinheiro restou à Eva?

2. Considere o seguinte rectângulo onde  $c$  representa o comprimento e  $h$  a largura.



a) Escreva uma expressão que represente o perímetro do rectângulo e indica as constantes e as variáveis.

b) Calcule o perímetro para  $c=12$  e  $h=5$ .

3. Escreva dois monómios semelhantes ao monómio  $-2xy^2$ , sendo um deles simétrico ao dado.

4. Determine o grau dos monómios seguintes.

a)  $2x^3$

b)  $\frac{xy}{2}$

c)  $3^2x^2y$

d)  $-\frac{1}{3}axy^2$

5. Complete a tabela seguinte.

| Monómio        | Coeficiente   | Parte literal | Grau | Monómio simétrico      |
|----------------|---------------|---------------|------|------------------------|
|                | $\frac{1}{3}$ |               |      |                        |
| 6              |               |               |      | $-\frac{xyz}{3}$       |
|                | $2^2$         | $xy$          |      |                        |
|                |               |               |      |                        |
| $\frac{7}{3}x$ |               |               |      | $-\frac{3x^2y}{4}$     |
|                |               |               |      |                        |
|                |               |               |      | $\frac{1}{3}x^2y^2z^3$ |



## 1.3. Adição algébrica de monómios

A soma de monómios semelhantes é um monómio resultante da soma algébrica dos coeficientes desses monómios.

## OBSERVAÇÃO:

A adição algébrica de monómios **não** semelhantes não é possível.

## EXEMPLO:

Na expressão  $3x + 5y$ , não é possível adicionar os dois monómios pois não têm a mesma parte literal, ou seja, não são semelhantes.

## EXEMPLO:

Simplifique as seguintes expressões.

$$a) \frac{x}{2} + \frac{1}{3}x - 3x = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} - 3\right)x = \left(\frac{5}{6} - 3\right)x = \frac{5-18}{6}x = -\frac{13}{6}x$$

$$b) 3 - (x - 3y + 2) = 3 - x + 3y - 2 = 3 - 2 - x + 3y = 1 - x + 3y$$

$$c) 3x^2y + \frac{1}{3}x^2y - \frac{1}{2}x^2y = \left(3 + \frac{1}{3} - \frac{1}{2}\right)x^2y = \frac{18+2-3}{6}x^2y = \frac{17}{6}x^2y$$

$$d) -\frac{1}{4}x^2 + \frac{3}{2}y - \left(\frac{3}{4}x^2 - 5 + \frac{7}{2}y\right) = -\frac{1}{4}x^2 - \frac{3}{4}x^2 + \frac{3}{2}y - \frac{7}{2}y + 5 = -x^2 - 2y + 5$$

## Exercício n.º 2

1. Simplifique os termos semelhantes.

$$a) 5x - 3x + 2x + 3x$$

$$c) 4z - 3t - z + 2t$$

$$e) -2b + 5a - 3a + 10b$$

$$b) \frac{1}{2}y - y - \frac{1}{4}y - 3y$$

$$d) 2,3x - 5,2y + 3 - x + y - 1$$

$$f) \frac{5}{3}a - \frac{1}{2}b + \frac{7}{2}a + 2$$

2. Simplifique as seguintes expressões reduzindo os termos semelhantes.

$$a) 5 - (x - 4)$$

$$c) 3(y - 4) + 10$$

$$e) 2m - 3(2 - n) + 2(2n - 3m)$$

$$b) 4 + (3x - 2) - (4 - 2x)$$

$$d) 4 + \frac{3}{2}(4 - 2a)$$

$$f) 5(1 - 2t) - 3(t - 2)$$

3. Determine a soma algébrica de:

$$a) \frac{3}{2}x^2 - \frac{5}{2}x^2 + \frac{7}{2}x^2 - \frac{1}{2}x^2 + 2x^3;$$

$$c) (3x^2 + 5x - 3) - (x^2 + 2x - 3) - (x^2 - 5x - 6);$$

$$e) -\frac{1}{2}x^2 + 3 - \left(-\frac{1}{4}x + 5x^2\right) + \frac{3}{2};$$

$$b) \frac{3}{2}x^2 - 1 + \frac{1}{3} + 3 - \frac{7}{2}x^2 + \frac{4}{3}x + 2x^2 + \frac{2}{3}x;$$

$$d) 2x - 1 + (x^2 - 1) - 2(x^2 + 1) + x^2 + 2x + 3;$$

$$f) -\frac{x-5}{2} + \frac{4}{3} - (-x^2 + 2x + 1) + 3.$$



## 1.4. Multiplicação de monómios

A **multiplicação de dois monómios** é um monómio cujo coeficiente é o produto dos coeficientes dos factores e a parte literal é o produto das partes literais dos factores.

## EXEMPLO:

Efectue as seguintes operações.

$$a) \left(-\frac{2}{3}ab\right) \times (3a^2b) = \left(-\frac{2}{3}\right) \times 3 \times a \times a^2 \times b \times b = -2a^3b^2$$

$$b) (\sqrt{2}x^3yz^2) \times \left(\frac{2}{3}xy^3z\right) = \frac{2}{3}\sqrt{2}x^4y^4z^3$$

## 1.5. Divisão de monómios

A **divisão de dois monómios** é um monómio cujo coeficiente é o quociente dos coeficientes dividendo e divisor e a parte literal é o quociente das partes literais que formam o dividendo e o divisor.

## EXEMPLO:

Efectue as seguintes operações.

$$a) (8x^2y) : (3xy) = \frac{8x^2y}{3xy} = \frac{8}{3}x$$

$$b) \left(-\frac{1}{5}x^3\right) : \frac{5}{2} = \left(-\frac{1}{5} \times \frac{2}{5}\right)x^3 = -\frac{2}{25}x^3$$

## 1.6. Potenciação de monómios

A **potência de um monómio** é igual à potência de cada um dos factores que o constituem.

## EXEMPLO:

Efectue as seguintes operações.

$$a) \left(\frac{1}{2}xy\right)^3 = \left(\frac{1}{2}\right)^3 \times x^3 \times y^3 = \frac{1}{8}x^3y^3$$

$$b) (-\sqrt{5}x^3yz^4)^2 = (-\sqrt{5})^2 \times (x^3)^2 \times y^2 \times (z^4)^2 = 5x^6y^2z^8$$

## Exercício n.º 3

1. Efectue e simplifique as seguintes operações.

$$a) (-3x) \times (4x^2)$$

$$b) \left(\frac{1}{2}x^2y\right) \times (-2xy)$$

$$c) (3abx) \times \left(\frac{1}{2}ax^2\right)$$

$$d) (-2a^2b^3)^3$$

2. Efectue e simplifique as seguintes operações.

$$a) \left(-\frac{1}{2}a^2b^2\right) : \left(\frac{1}{2}ab^2\right)$$

$$b) (-20x^3y^3) : (-100y)$$

$$c) (2x^4b^3) : (-8x^2b)$$

$$d) (-5ab^2) : (5b^2a)$$

3. Qual o monómio do produto de  $3xy^2$  por  $3x^2y$ ?

$$(A) -6xy^2$$

$$(B) \frac{1}{3}x^3y^4$$

$$(C) 9x^2y^2$$

$$(D) 9x^3y^3$$



## 2. Polinómios

### 2.1. Noção de polinómio

Um **polinómio** é a soma algébrica de monómios não semelhantes, cujo **grau** é dado pelo maior dos graus dos seus monómios.

#### EXEMPLOS:

$\frac{5}{2}x + \frac{4}{3}x^2$ ;  $\frac{5}{6}x^2 - 4x + 3$  e  $x^4 + \frac{1}{3}x^3y + x^2y^2 + y^4$  são exemplos de polinómios.

Um polinómio diz-se **completo** se tiver todos os termos desde o de mais alto grau até ao termo de grau zero, caso contrário, diz-se **incompleto**.

#### EXEMPLOS:

$-3x^2 + 7x + 1$  é um polinómio completo e  $-9y^3 - 5y$  é um polinómio incompleto.

Um polinómio diz-se **ordenado** quando está escrito segundo as potências crescentes ou decrescentes de uma das suas variáveis.

#### EXEMPLO:

$1 + 2a + \frac{1}{2}a^2 + \frac{5}{3}a^3$  é um polinómio ordenado e completo.

Dois polinómios são **simétricos** quando os termos de um deles são simétricos dos termos do outro polinómio.

#### EXEMPLO:

O polinómio  $3a^3 - 5$  é simétrico de  $-(3a^3 - 5) = -3a^3 + 5$ .

#### EXEMPLOS:

- $\frac{37}{12}x^2y$  é um monómio de grau 3;
- $\frac{5}{2}x + \frac{4}{3}x^2$  é um binómio de grau 2 e incompleto;
- $\frac{5}{6}x^2 - 4x + 3$  é um trinómio de grau 2, completo e ordenado;
- $x^3 + 3x^2 - \frac{5}{3}x + 5$  é um polinómio de grau 3, completo e ordenado.

#### OBSERVAÇÃO:

Um polinómio com dois termos chama-se **binómio**.

Um polinómio com três termos chama-se **trinómio**.



## Exercício n.º 4

1. Indique o grau dos seguintes polinómios e verifique se são completos, ordenando-os.

- a)  $x^3 - 2x + x^2 - 1$       b)  $x^2y + 3xy^2 + x^3$       c)  $1 - x^4$   
 d)  $x + x^2 - 1$       e)  $x^4 + 3x^3 + x^2 - x$       f)  $x^2 - 2x$

2. Calcule o valor numérico de cada polinómio para  $x = 2$ .

- a)  $3x^2 + 5x$       b)  $9x^3 + 4x^2 + 5$       c)  $\frac{7}{2}x^3 + \frac{1}{2}x^2 + 2$

## 2.2. Adição algébrica de polinómios

Na **adição de polinómios**, ordenam-se os monómios e somam-se os termos semelhantes obtendo-se um **polinómio reduzido** (polinómio que já não se pode simplificar mais).

### OBSERVAÇÃO:

Outro procedimento para adicionar polinómios é dispôr os polinómios ordenados e completos na forma vertical:

$$\begin{array}{r} x^3 - 2x^2 + 5x - 1 \\ x^3 + 0x^2 - x + 1 \\ \hline 2x^3 - x^2 + 4x + 0 \\ 4x^3 - 3x^2 + 5x + 0 \end{array}$$

### EXEMPLO:

$$\begin{aligned} & (x^3 + 5x - 2x^2 - 1) + (1 - x + x^3) + (x - x^2 + 2x^3) = \\ & = (x^3 + x^3 + 2x^3) + (-2x^2 - x^2) + (5x - x + x) + (-1 + 1) = \\ & = 4x^3 - 3x^2 + 5x \end{aligned}$$

Na **subtracção de polinómios** converte-se a subtracção numa adição somando ao polinómio aditivo o simétrico do polinómio subtrativo.

### OBSERVAÇÃO:

$$\begin{array}{r} x^4 + 0x^3 - \frac{1}{2}x^2 + 0x - \frac{3}{2} \\ 0x^4 - 4x^3 + 0x^2 - 2x + 1 \\ x^4 + x^3 + 0x^2 - 2x + \frac{1}{2} \\ \hline -2x^4 + 2x^3 + 0x^2 + \frac{1}{2}x + \frac{5}{2} \\ -x^3 - \frac{1}{2}x^2 - \frac{7}{2}x + \frac{5}{2} \end{array}$$

### EXEMPLO:

$$\begin{aligned} & \left(x^4 - \frac{1}{2}x^2 - \frac{3}{2}\right) + (1 - 2x - 4x^3) + \left(x^4 + x^3 - 2x + \frac{1}{2}\right) - \left(2x^4 - 2x^3 - \frac{1}{2}x - \frac{5}{2}\right) = \\ & = x^4 + x^4 - 2x^4 - 4x^3 + x^3 + 2x^3 - \frac{1}{2}x^2 - 2x - 2x + \frac{1}{2}x - \frac{3}{2} + 1 + \frac{1}{2} + \frac{5}{2} = \\ & = -x^3 - \frac{1}{2}x^2 - \frac{7}{2}x + \frac{5}{2} \end{aligned}$$

## Exercício n.º 5

1. Considere os polinómios:

$$A(x) = x^4 - 3x^2 + 5x + 1;$$

$$B(x) = 2x^3 - 5x^2 + 6;$$

$$C(x) = -2x^4 + 2x^3 + 2x + 1;$$

$$D(x) = 3x^2 - 6x + 2.$$

Calcule  $A - B - C + D$ .

2. Efectue as seguintes operações.

a)  $(-0,3y^3 + y^2 + 2) + \left(-\frac{1}{2}y^2 - y\right) + (y^3 - 5)$

b)  $(3x^2 - 2x + 5) - (7 - x^2 - 5x)$

c)  $(3x - 1) + \left(2x^2 - x + \frac{1}{2}\right) - \left(\frac{1}{3}x^2 + x - 2\right)$

d)  $(2x^2y - xy^2 + xy + 5) + (2xy^2 - x^2y + y)$

3. Complete as seguintes afirmações.

a) O polinómio  $(x^2 + 2x - 1) - (2x^2 - 2) - (x^2 + 1)$  é igual a:

(A)  $-2x^2 - 2x;$

(B)  $-2x^2 + 2x;$

(C)  $-2x^2 + 2x - 2;$

(D)  $2x^2 + 2x.$

b) O polinómio  $(x + 1) + (x + 1) - (x + 1)$  é igual a:

(A)  $3x + 1;$

(B)  $x - 1;$

(C)  $3x + 3;$

(D)  $x + 1.$



## 2.3. Multiplicação de polinómios

## 2.3.1. Multiplicação de um monómio por um polinómio

Na multiplicação de um monómio por um polinómio, multiplicamos o monómio por todos os termos do polinómio (aplica-se a propriedade distributiva).

## EXEMPLO:

$$2a \left( -3a^3 + 2a^2 + \frac{1}{2}a + \frac{5}{2} \right) = 2a \times (-3a^3) + 2a \times 2a^2 + 2a \times \frac{1}{2}a + 2a \times \frac{5}{2} = \\ = -6a^4 + 4a^3 + a^2 + 5a$$

## 2.3.2. Multiplicação de um binómio por um polinómio

Na multiplicação de um binómio por um polinómio, multiplicamos o binómio por todos os termos do polinómio.

## EXEMPLO:

$$(2x+3) \times (x^2-4x+5) = (2x+3) \times x^2 + (2x+3) \times (-4x) + (2x+3) \times 5 = \\ = 2x^3 + 3x^2 - 8x^2 - 12x + 10x + 15 = 2x^3 - 5x^2 - 2x + 15$$

## OBSERVAÇÃO:

O grau do polinómio produto é igual à soma dos graus dos polinómios factores.

## Exercício n.º 6

1. Efectue as seguintes operações.

a)  $(3x - x^2)2x$

b)  $3xy(2x^2y + x^3 - xy^2)$

c)  $(3xy) \times (-2y^2) \times (3x^2y)$

d)  $\left(\frac{3}{2}x^2y\right) \times \left(-\frac{2}{3}xy^2\right) \times (2xy)$

e)  $(3x^2 + x - 1) \times (2x - 3)$

f)  $(1 - x) \times (x - x^3)$

g)  $(x + 3x^2 - x^3) \times (2x^2 - 5)$

h)  $(3 - 2x) \times (1 - x + 2x^3)$

## 2.3.3. Multiplicação de binómios

Consideremos um rectângulo cujos lados medem  $a + b$  e  $c + d$ .

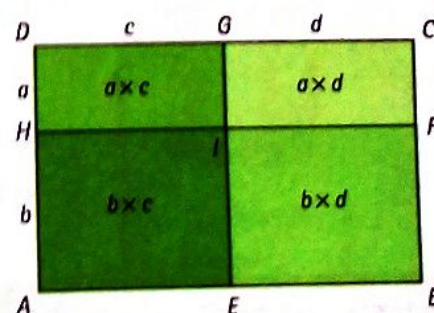
A área do rectângulo  $[ABCD]$  é igual a:

$$(a + b) \times (c + d) = ac + ad + bc + bd.$$

Dividindo o rectângulo em quatro rectângulos cuja soma das áreas é igual à área de  $[ABCD]$ , obtemos o mesmo resultado.

$$A_{[ABCD]} = A_{[HIGD]} + A_{[IFCG]} + A_{[AEIH]} + A_{[EBFI]} = ac + ad + bc + bd$$

Assim, na multiplicação de binómios, basta aplicar a propriedade distributiva da multiplicação relativamente à adição e à subtracção.



## EXEMPLO:

$$(2a+3) \times (b+5) = 2a \times b + 2a \times 5 + 3 \times b + 3 \times 5 = 2ab + 10a + 3b + 15$$



## 2.4. Divisão de um polinómio por um monómio

### OBSERVAÇÃO:

O grau do polinómio quociente é menor que o grau do polinómio dividendo.

Na divisão de um polinómio por um monómio, dividimos todos os termos do polinómio pelo monómio.

### EXEMPLOS:

$$a) (x^2 + 4x) : x = \frac{x^2}{x} + \frac{4x}{x} = x + 4$$

$$b) (x^5 - 4x^4 + 5x) : x = \frac{x^5}{x} - \frac{4x^4}{x} + \frac{5x}{x} = x^4 - 4x^3 + 5$$

## 3. Casos notáveis da multiplicação

### 3.1 Diferença de quadrados

Consideremos dois binómios em que um representa a soma de duas quantidades e o outro a diferença dessas mesmas quantidades:  $a + b$  e  $a - b$ .

Efectuando o produto dos dois binómios:

$$(a + b) \times (a - b) = a^2 - ab + ba - b^2 = a^2 - b^2$$

A diferença dos quadrados de duas quantidades é igual ao produto da soma das bases pela sua diferença, ou seja,

$$a^2 - b^2 = (a + b)(a - b)$$

para quaisquer números reais  $a$  e  $b$ .

### EXEMPLOS:

$$a) (3x + 1)(3x - 1) = (3x)^2 - (1)^2 = 9x^2 - 1$$

$$b) x^2 - 4 = x^2 - 2^2 = (x + 2)(x - 2)$$

$$c) 9x^2 - 5 = (3x)^2 - (\sqrt{5})^2 = (3x + \sqrt{5})(3x - \sqrt{5})$$

### Exercício n.º 7

1. Efectue as seguintes operações.

a)  $(2x - 3)(2x - 3)(2x - 3)$

b)  $(-2x + 3)(y - \sqrt{2})$

c)  $(3x^3 - 4x^2 - x) : (2x)$

2. Efectue os seguintes produtos.

a)  $(2x + 3)(3 - 2x)$

b)  $(2x^2 - 3)(2x^2 + 3)$

c)  $(5x + 4)(5x - 4)$

3. Decomponha num produto de factores os seguintes binómios.

a)  $9 - 4x^2$

b)  $81 - 36x^2$

c)  $\frac{25}{4}x^2 - \frac{4}{9}$



### 3.2. Quadrado de um binômio

Consideremos o binômio  $x + 5$  e o seu quadrado,  $(x + 5)^2$ . Para procedermos à sua simplificação, basta aplicar a noção de potência e a propriedade distributiva da multiplicação.

$$(x + 5)^2 = (x + 5)(x + 5) = x^2 + 5x + 5x + 5^2 = x^2 + \underbrace{10x}_{2 \times x \times 5} + 25$$

#### Quadrado de uma soma

Para quaisquer números reais  $a$  e  $b$ ,

$$(a + b)^2 = \underbrace{a^2}_{1.^\circ} + \underbrace{2ab}_{2.^\circ} + \underbrace{b^2}_{2.^\circ}$$

$\swarrow$  quadrado do 1.º       $\searrow$  quadrado do 2.º  
 $\swarrow$  dobro do produto do 1.º pelo 2.º

#### EXEMPLOS:

a)  $(a + 3)^2 = a^2 + 2 \times a \times 3 + 3^2 = a^2 + 6a + 9$       b)  $(a^2 + 1)^2 = a^4 + 2a^2 + 1$

No caso do quadrado do binômio  $x - 4$ , temos que:

$$(x - 4)^2 = (x - 4)(x - 4) = x^2 - 4x - 4x + 4^2 = x^2 - 8x + 16.$$

#### Quadrado de uma diferença

Para quaisquer números reais  $a$  e  $b$ ,

$$(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2.$$

#### EXEMPLOS:

a)  $(a - 5)^2 = a^2 - 2 \times a \times 5 + 5^2 = a^2 - 10a + 25$   
 b)  $(2x - y)^2 = (2x)^2 - 2 \times 2x \times y + y^2 = 4x^2 - 4xy + y^2$   
 c)  $x^6 + 2x^3y + y^2 = (x^3)^2 + 2 \times x^3 \times y + y^2 = (x^3 + y)^2$   
 d)  $a^6 - 6a^3 + 9 = (a^3)^2 - 2 \times 3 \times a^3 + 3^2 = (a^3 - 3)^2$

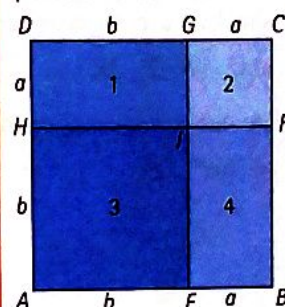
Recorrendo aos casos notáveis da multiplicação, certas operações podem ser resolvidas com maior simplicidade.

#### EXEMPLOS:

a)  $19 \times 21 = (20 - 1)(20 + 1) = 20^2 - 1 = 400 - 1 = 399$   
 b)  $38 \times 42 = (40 - 2)(40 + 2) = 40^2 - 2^2 = 1600 - 4 = 1596$   
 c)  $21^2 = (20 + 1)^2 = 20^2 + 2 \times 20 \times 1 + 1^2 = 400 + 40 + 1 = 441$   
 d)  $39^2 = (40 - 1)^2 = 40^2 - 2 \times 40 \times 1 + 1^2 = 1600 - 80 + 1 = 1521$

#### OBSERVAÇÃO:

Interpretação geométrica do quadrado de uma soma:



$$A_{ABCD} = (a + b) \times (a + b) = (a + b)^2$$

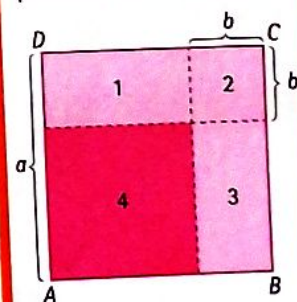
Por outro lado,

$$\begin{aligned} A_{ABCD} &= A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \\ &= ab + a^2 + b^2 + ab \\ &= a^2 + 2ab + b^2 \end{aligned}$$

$$\text{Assim, } (a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2.$$

#### OBSERVAÇÃO:

Interpretação geométrica do quadrado de uma diferença:



$$A_4 = (a - b)(a - b) = (a - b)^2$$

Por outro lado,

$$\begin{aligned} A_4 &= A_{ABCD} - A_1 - A_2 - A_3 \\ &= a^2 - (a - b)b - b^2 - (a - b)b \\ &= a^2 - ab + b^2 - b^2 - ab + b^2 \\ &= a^2 - 2ab + b^2 \end{aligned}$$

$$\text{Assim, } (a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2.$$



### Exercício n.º 8

1. Efectue as seguintes operações.

a)  $(5 + m)^2$

b)  $(-5 + 2a)^2$

c)  $(4x + 3)^2$

d)  $(x^2 + 3x)^2$

2. Simplifique as seguintes operações.

a)  $(2 - 3x)(2 - 3x)$

b)  $(2x + 5)(3x - 0,4)$

c)  $4x - (2x + 1)(2x - 1)$

d)  $(2x - 5)(2x - 5) + (3x + 2)$

3. Efectue as seguintes operações.

a)  $(10x^{10} - 2)^2$

b)  $(3x^2 - 2x^3)^2$

c)  $\left(\frac{2}{3}x^3 - y\right)\left(\frac{2}{3}x^3 - y\right)$

d)  $(3x + 2)(3x - 2)$

## 4. Factorização de um polinómio

Aplicando os conhecimentos adquiridos, podemos transformar o seguinte produto numa soma algébrica.

$$\underbrace{(3a + 2)}_{\text{factores}} \times \underbrace{4a}_{\text{parcelas}} = 3a \times 4a + 2 \times 4a = \frac{12a^2}{\text{parcelas}} + \frac{8a}{\text{parcelas}}$$

Como transformar somas algébricas em produtos?

**1.º caso:** Usando a propriedade distributiva da multiplicação

factor  $a$  distribuído pelas parcelas

$$a \times (b + c) = ab + ac$$

factor  $a$  em evidência

Quando se transforma uma adição ou uma subtracção em produtos, diz-se que a expressão está factorizada.

### EXEMPLOS:

a)  $2a^2 + 4a + 6 = 2a^2 + 2 \times 2a + 2 \times 3 = 2(a^2 + 2a + 3)$

Os três termos são divisíveis por 2, isto é, existe o factor 2 que é comum a todos os termos do polinómio.

b)  $2x^3y^2 - x^2y^3 + x^2y^2 = x^2y^2(2x - y + 1)$  (factor comum  $x^2y^2$ )

c)  $ac + ad + bc + bd = a(c + d) + b(c + d) = (c + d)(a + b)$

**2.º caso:** Usando os casos notáveis da multiplicação

Relembrando os casos notáveis da multiplicação:

•  $a^2 - b^2 = \underbrace{(a - b) \times (a + b)}_{\text{produto de factores}}$

•  $a^2 + 2ab + b^2 = (a + b)^2 = \underbrace{(a + b) \times (a + b)}_{\text{produto de factores}}$



**EXEMPLOS:**

a)  $4 - x^2 = (2)^2 - (x)^2 = (2 - x)(2 + x)$

b)  $9x^2 - 16 = (3x)^2 - (4)^2 = (3x - 4)(3x + 4)$

c)  $a^2 + 6a + 9 = (a + 3)^2$

Note-se que  $6a = 2 \times a \times 3$ .

d)  $b^2 - 4b + 4 = (b - 2)^2$

Note-se que  $4b = 2 \times b \times 2$ .**3.º caso: Usando a propriedade distributiva e os casos notáveis da multiplicação**Uma factorização da expressão  $8a^3 - 24a^2 + 18a$  é a seguinte:

$$8a^3 - 24a^2 + 18a = 2a(4a^2 - 12a + 9)$$

No entanto, ainda é possível proceder a uma nova factorização, visto que:

$$4a^2 - 12a + 9 = (2a)^2 - 2 \times 2a \times 3 + 3^2 = (2a - 3)^2,$$

ou seja:

$$8a^3 - 24a^2 + 18a = 2a(4a^2 - 12a + 9) = 2a(2a - 3)(2a - 3)$$

**EXEMPLOS:**

a)  $a^3 + 2a^2b + ab^2 = a(a^2 + 2ab + b^2) = a(a + b)^2 = a(a + b)(a + b)$

b)  $8a^3 - 24a^2 + 18a = 2a(4a^2 - 12a + 9) = 2a(2a - 3)^2 = 2a(2a - 3)(2a - 3)$

c)  $x^3 + 6x^2y + 9xy^2 = x(x^2 + 6xy + 9y^2) = x(x + 3y)^2 = x(x + 3y)(x + 3y)$

d)  $4x^2 - 16xy + 16y^2 = 4(x^2 - 4xy + 4y^2) = 4(x - 2y)^2 = 4(x - 2y)(x - 2y)$

**Exercício n.º 9**

1. Indique a factorização correcta dos seguintes polinómios.

a)  $x^2 + 22x + 121$

(A)  $(x - 11)^2$

(B)  $(x + 11)^2$

(C)  $(x + 11)(x - 11)$

(D)  $(-x + 11)^2$

b)  $4y^2 - 1$

(A)  $(2y^2 - 1)(2y + 1)$

(B)  $(4y - 1)(4y + 1)$

(C)  $(2y - 1)^2$

(D)  $(2y - 1)(2y + 1)$

c)  $4y^2 + 4y + 1$

(A)  $(2y + 1)^2$

(B)  $(-2y + 1)^2$

(C)  $(-2y - 1)^2$

(D)  $(-1 + 2y)^2$

2. Considere o polinómio  $a^3 + a^2b - a - b$ .a) O polinómio  $a(a^2 - 1) + b(a^2 - 1)$  é equivalente ao dado?

b) Atendendo à expressão apresentada na alínea anterior, transforme o polinómio dado num produto de dois binómios.

3. Decomponha em factores os seguintes polinómios.

a)  $2y^2 - 4y$

b)  $49 - 9x^2$

c)  $a^2 - 20a + 100$

d)  $25 - (x + 1)^2$



## 1. Complete a tabela seguinte.

| Monómio | Coefficiente | Parte literal | Grau | Monómio simétrico | Monómio semelhante |
|---------|--------------|---------------|------|-------------------|--------------------|
| $-xy$   |              |               |      |                   |                    |
|         | $-3$         |               |      |                   | $10xyz^3$          |
|         |              |               |      | $-4ab^2c$         |                    |
|         | $6$          | $abcd$        |      |                   |                    |

## 2. Escreva um monómio que satisfaça as seguintes condições:

- seja do 4.º grau, tenha duas variáveis e o coeficiente seja um número fraccionário negativo;
- seja do 3.º grau e o seu coeficiente seja o maior número inteiro inferior a  $-5,4$ ;
- seja do 5.º grau e o seu coeficiente seja o menor número inteiro superior a  $3\pi$ .

## 3. Indique a letra correspondente à alternativa correcta em cada questão.

- a) A expressão
- $(a-1)(2a-3)$
- é igual a:

(A)  $2a^2 - 5a + 3$  (B)  $2a^2 + 5a + 3$   
 (C)  $2a^2 - 5a - 3$  (D)  $2a^2 + 5a - 3$

- b) A expressão
- $-(3x-1)(-2x+5)$
- é igual a:

(A)  $6x - 17x^2 + 5$  (B)  $6x^2 - 17x - 5$   
 (C)  $6x^2 - 17x + 5$  (D)  $6x^2 + 17x + 5$

- c) A expressão
- $-3x + \frac{1}{2}(x^2 - x) - x^2$
- é igual a:

(A)  $-\frac{1}{2}x^2 + 7x$  (B)  $\frac{1}{2}x^2 + \frac{7}{2}x$   
 (C)  $\frac{1}{2}x^2 - \frac{7}{2}x$  (D)  $-\frac{1}{2}x^2 - \frac{7}{2}x$



d) A expressão  $-a\left(a - \frac{1}{2}a^2\right) - 3a\left(\frac{1-a}{2}\right)$  é igual a:

(A)  $\frac{1}{2}a^3 - \frac{1}{2}a^2 + \frac{3}{2}a$

(B)  $\frac{1}{2}a^3 + \frac{1}{2}a^2 + \frac{3}{2}a$

(C)  $\frac{1}{2}a^3 - \frac{1}{2}a^2 - \frac{3}{2}a$

(D)  $\frac{1}{2}a^3 + \frac{1}{2}a^2 - \frac{3}{2}a$

4. Efectue a divisão de:

a)  $-2x^5 + \sqrt{2}x^2 - \frac{4}{3}x$  por  $x$ ;

b)  $x^4 + 3x^3 + 8x^2 - x$  por  $x$ ;

c)  $-\sqrt{3}x^7 + \frac{1}{2}x^6 - 6x^4 + x^2$  por  $2x^2$ .

5. Escreva um monómio cujo quadrado seja:

a)  $a^2b^4$ ;

b)  $4a^2b^2$ ;

c)  $\frac{1}{25}a^{10}$ .

6. Considere os polinómios seguintes.

$A(x) = 4x^3 - 2x + 3x^2 - 5$

$B(x) = -x^2 + 3x^3 - 5x + 3$

$C(x) = 2 - 5x^3 + 4x - x^2$

Calcule:

a)  $A + B + C$ ;

b)  $A - B - C$ ;

c)  $-3A + B - 2C$ .

7. Escreva na forma de um polinómio reduzido cada uma das seguintes expressões.

a)  $(2x + 5)^2$

b)  $(2x - x^2)^2$

c)  $(x^3 - 3x)^2$

d)  $(2x - 3)(2x + 3)$

e)  $(3x - 5)^2 - 9x^2$

f)  $(2x + 3)^2 - (2x - 3)^2$

8. Calcule, recorrendo aos casos notáveis da multiplicação:

a)  $99^2$ ;

b)  $102^2$ ;

c)  $1,03^2$ .

9. Factorize os seguintes polinómios.

a)  $\frac{4a}{3} - \frac{7}{3}$

b)  $8x^3 - 20x^4 - 8x^2$

c)  $\frac{3a^2}{2} - \frac{5a^2b}{2}$

d)  $9x^2 - 121$

e)  $3x^3 - 6x^2y$

f)  $3x^3y - 9xy^2 + 3x^2y^2$

g)  $4x^2 - 12xy + 9y^2$

h)  $\frac{x^2}{4} + 3x + 9$

i)  $12a^3 - 3a$







# 4

## EQUAÇÃO QUADRÁTICA

1. EQUAÇÃO QUADRÁTICA
2. RESOLUÇÃO DE EQUAÇÕES QUADRÁTICAS
3. PROBLEMAS DO 2.º GRAU

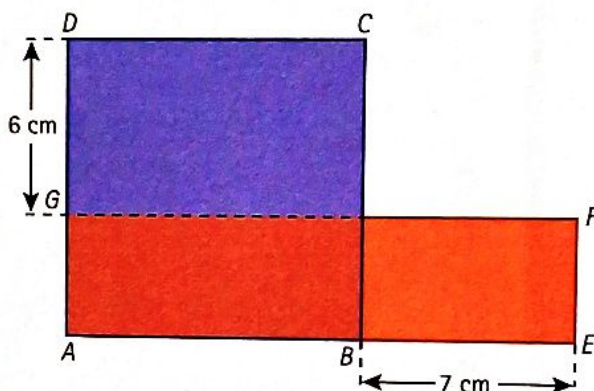


# 4

## EQUAÇÃO QUADRÁTICA

### 1. Equação quadrática

Considere a seguinte figura onde  $[ABCD]$  é um quadrado e  $[AEFG]$  é um rectângulo com  $72 \text{ cm}^2$  de área.



Qual é a medida de  $[AB]$ ?

#### Resolução

Seja  $x = \overline{AB}$ , a expressão da área do rectângulo  $[AEFG]$  é dada por  $(x + 7) \times (x - 6)$ . Como a área é igual a  $72 \text{ cm}^2$ , para calcular o valor de  $x$  temos de resolver a seguinte equação:

$$\begin{aligned} (x + 7)(x - 6) &= 72 \Leftrightarrow x^2 - 6x + 7x - 42 = 72 \\ &\Leftrightarrow x^2 + x - 114 = 0 \end{aligned}$$

O primeiro membro da equação obtida é um polinómio quadrático (polinómio do 2.º grau) e, portanto, a equação diz-se quadrática ou do 2.º grau.

Uma **equação quadrática** ou **equação do 2.º grau** é uma equação que, pela aplicação dos princípios de equivalência, pode ser reduzida à forma  $ax^2 + bx + c = 0$ , com  $a$ ,  $b$  e  $c$  números reais e  $a \neq 0$  e que se designa por **forma canónica**, **típica** ou **geral**.



Para qualquer equação quadrática:

- $ax^2$ ,  $bx$  e  $c$  são os termos da equação;
- $ax^2$  é o termo quadrático (termo do 2.º grau) e  $a$  é o coeficiente do termo quadrático;
- $bx$  é o termo linear (termo do 1.º grau) e  $b$  é o coeficiente do termo linear;
- $c$  é o termo independente.

Se numa equação quadrática, os coeficientes  $a$ ,  $b$  e  $c$  são todos não nulos, a equação diz-se **completa**, caso contrário, diz-se **incompleta**.

### EXEMPLO:

Quais das seguintes equações são equações quadráticas completas?

a)  $(x-1)^2 - 9 = 2 - x^2$

b)  $49 - (x+3)^2 = -x^2$

c)  $5(x^2 - x) - 8 = 2(x-2)(x+2)$

e)  $\frac{3(x-2)}{4} - (x-1)^2 = \frac{11x-10}{4}$

### Resolução

$$\begin{aligned} \text{a) } (x-1)^2 - 9 = 2 - x^2 &\Leftrightarrow x^2 - 2x + 1 - 9 = 2 - x^2 \\ &\Leftrightarrow x^2 + x^2 - 2x - 8 - 2 = 0 \\ &\Leftrightarrow 2x^2 - 2x - 10 = 0 \\ &\Leftrightarrow x^2 - x - 5 = 0 \end{aligned}$$

A equação é uma equação quadrática completa porque tem os coeficientes do termo quadrático, linear e independente não nulos.

$$\begin{aligned} \text{b) } 49 - (x+3)^2 = -x^2 &\Leftrightarrow 49 - (x^2 + 6x + 9) + x^2 = 0 \\ &\Leftrightarrow 49 - x^2 - 6x - 9 + x^2 = 0 \\ &\Leftrightarrow -x^2 + x^2 - 6x + 49 - 9 = 0 \\ &\Leftrightarrow -6x + 40 = 0 \end{aligned}$$

A equação não é uma equação quadrática completa porque o termo quadrático é nulo. Trata-se de uma equação linear.

$$\begin{aligned} \text{c) } 5(x^2 - x) - 8 = 2(x-2)(x+2) &\Leftrightarrow 5x^2 - 5x - 8 = 2(x^2 - 4) \\ &\Leftrightarrow 5x^2 - 5x - 8 = 2x^2 - 8 \\ &\Leftrightarrow 5x^2 - 2x^2 - 5x - 8 + 8 = 0 \\ &\Leftrightarrow 3x^2 - 5x = 0 \end{aligned}$$

A equação é uma equação quadrática incompleta porque o termo independente é igual a zero.

$$\begin{aligned} \text{d) } \frac{3(x-2)}{4} - (x-1)^2 = \frac{11x-10}{4} &\Leftrightarrow \frac{3x-6}{4} - (x^2 - 2x + 1) = \frac{11x-10}{4} \\ &\Leftrightarrow 3x - 6 - 4(x^2 - 2x + 1) = 11x - 10 \\ &\Leftrightarrow 3x - 6 - 4x^2 + 8x - 4 - 11x + 10 = 0 \\ &\Leftrightarrow -4x^2 = 0 \end{aligned}$$

A equação é uma equação quadrática incompleta porque os coeficientes do termo linear e do termo independente são nulos.



## 2. Resolução de equações quadráticas

Resolver uma equação é determinar as suas raízes ou soluções usando os princípios da adição e multiplicação lembrados na unidade temática 2.

Na classe anterior, foi abordado o processo de resolução de uma equação linear e que passamos a lembrar:

- 1.º Desembaraçar de parêntesis.
- 2.º Desembaraçar de denominadores.
- 3.º Juntar os termos com incógnita num dos membros e os que não têm incógnita no outro membro utilizando o princípio da adição.
- 4.º Efectuar os cálculos para simplificar as expressões em cada membro.
- 5.º Dividir ambos os membros pelo coeficiente da incógnita utilizando o princípio da multiplicação para a obtenção do valor da incógnita.

### EXEMPLO:

Resolva as seguintes equações lineares.

a)  $3x + 6 = 7x - 2$     b)  $-2(x + 5) + 4 = 3 + 4(x - 1)$     c)  $\frac{1}{2} - 2(1 - x) = \frac{3}{4} + x$

### Resolução

a)  $3x + 6 = 7x - 2 \Leftrightarrow 3x - 7x = -2 - 6 \Leftrightarrow -4x = -8 \Leftrightarrow x = \frac{8}{4} \Leftrightarrow x = 2$

b)  $-2(x + 5) + 4 = 3 + 4(x - 1) \Leftrightarrow -2x - 10 + 4 = 3 + 4x - 4$   
 $\Leftrightarrow -2x - 4x = 3 - 4 + 10 - 4 \Leftrightarrow -6x = 5 \Leftrightarrow x = -\frac{5}{6}$

c)  $\frac{1}{2} - 2(1 - x) = \frac{3}{4} + x \Leftrightarrow \frac{1}{2} - \frac{2}{1} + \frac{2x}{1} = \frac{3}{4} + \frac{x}{1} \Leftrightarrow$   
 $\Leftrightarrow 2 - 8 + 8x = 3 + 4x \Leftrightarrow 8x - 4x = 3 - 2 + 8 \Leftrightarrow 4x = 9 \Leftrightarrow x = \frac{9}{4}$

## 2.1. Lei do anulamento do produto

### Lei do anulamento do produto

Se o produto de dois factores (ou mais) é nulo, então pelo menos um deles é nulo, ou seja:

$$xy = 0 \Leftrightarrow x = 0 \vee y = 0.$$

Para aplicar a lei do anulamento do produto, o primeiro membro da equação deve estar decomposto em factores. Tal como foi feito na unidade anterior, para procedermos à decomposição é útil recorrer aos casos notáveis da multiplicação ou, simplesmente, colocar os factores comuns em evidência.

### EXEMPLO:

Que valores de

a)  $4x = 0$

c)  $8(x + 2)(y - 1)$

### Resolução

a)  $4x = 0 \Leftrightarrow$

b)  $x(y - 1) = 0$

c)  $8(x + 2)(y - 1)$

d)  $y(x - 2) + 1$

O passo i  
reduzir a equ  
decidir qual o

## 2.2. Resolução

Para todo

Neste tipo  
a solução é s

### EXEMPLO:

Resolva as se

a)  $2(x^2 + 1) =$

### Resolução

a)  $2(x^2 + 1) =$

b)  $5x^2 + 3 = \frac{1}{2}$

$\Leftrightarrow 10x^2 -$

c)  $5(2 - x)(2$

$\Leftrightarrow 20 - 5$

$\Leftrightarrow -6x^2$

### Exercício n.º 1

Resolva as equa

a)  $\frac{(x - 1)^2}{2} =$



**EXEMPLO:**

Que valores devem ter  $x$  e  $y$  nas seguintes equações?

a)  $4x=0$

b)  $x(y-1)=0$

c)  $8(x+2)(y+1)=0$

d)  $y(x-2)+(x-2)=0$

**Resolução**

a)  $4x=0 \Leftrightarrow x=0$

b)  $x(y-1)=0 \Leftrightarrow x=0 \vee y-1=0 \Leftrightarrow x=0 \vee y=1$

$$c) 8(x+2)(y+1)=0 \Leftrightarrow 8(x+2)=0 \vee y+1=0$$

$$\Leftrightarrow x+2=0 \vee y+1=0 \Leftrightarrow x=-2 \vee y=-1$$

$$d) y(x-2)+(x-2)=0 \Leftrightarrow (x-2)(y+1)=0$$

$$\Leftrightarrow x-2=0 \vee y+1=0 \Leftrightarrow x=2 \vee y=-1$$

O passo inicial na resolução de uma equação quadrática é reduzir a equação à sua forma canônica para, posteriormente, decidir qual o método mais eficaz para a sua resolução.

**2.2. Resolução de equações do tipo  $ax^2=0$  com  $a \neq 0$** 

Para todo o número real  $a$  não nulo:

$$ax^2=0 \Leftrightarrow x=0.$$

Neste tipo de equações e independentemente do valor de  $a$ , a solução é sempre nula.

**EXEMPLO:**

Resolva as seguintes equações.

a)  $2(x^2+1)=2$

b)  $5x^2+3=\frac{1}{2}x^2+3$

c)  $5(2-x)(2+x)-(x-2)^2=4(4+x)$

**Resolução**

a)  $2(x^2+1)=2 \Leftrightarrow 2x^2+2-2=0 \Leftrightarrow 2x^2=0 \Leftrightarrow x^2=0 \Leftrightarrow x=0$

$$b) 5x^2+3=\frac{1}{2}x^2+3 \Leftrightarrow \frac{5}{1}x^2+\frac{3}{1}=\frac{1}{2}x^2+\frac{3}{1} \Leftrightarrow 10x^2+6=x^2+6 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 10x^2-x^2+6-6=0 \Leftrightarrow 9x^2=0 \Leftrightarrow x^2=0 \Leftrightarrow x=0$$

$$c) 5(2-x)(2+x)-(x-2)^2=4(4+x) \Leftrightarrow 5(4-x^2)-(x^2-4x+4)=16+4x \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 20-5x^2-x^2+4x-4=16+4x \Leftrightarrow -5x^2-x^2+4x-4x+20-4-16=0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow -6x^2=0 \Leftrightarrow x^2=0 \Leftrightarrow x=0$$

**Exercício n.º 1**

Resolva as equações seguintes.

a)  $\frac{(x-1)^2}{2} = \frac{1}{2} - x$

b)  $\frac{10x^2+23}{6} - 2(x+1)^2 = \frac{19-8x}{2}$

c)  $\frac{x(x-2)+5}{2} - \frac{x(x-4)}{4} = \frac{5}{2}$



2.3. Resolução de equações do tipo  $ax^2 = c$  com  $a$  e  $c$  não nulosPara todo o número real  $a$  e  $c$  não nulos,

$$ax^2 = c \Leftrightarrow x = \pm \sqrt{\frac{c}{a}}.$$

Um método alternativo para a resolução deste tipo de equações é recorrer ao caso notável da diferença de quadrados para posteriormente, aplicar a lei do anulamento do produto.

**EXEMPLO:**

Resolva as equações seguintes por dois processos diferentes.

$$\text{a) } x^2 - 6 = 0 \quad \text{b) } (4 + x)^2 = 4(2x + 8) \quad \text{c) } \frac{x(x-2)}{2} + \frac{x(x+3)}{3} = -\frac{5}{6}$$

**Resolução**

a) 1.º processo: Aplicando a lei do anulamento do produto

$$\begin{aligned} x^2 - 6 = 0 &\Leftrightarrow x^2 - (\sqrt{6})^2 = 0 \Leftrightarrow (x - \sqrt{6})(x + \sqrt{6}) = 0 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow x - \sqrt{6} = 0 \vee x + \sqrt{6} = 0 \Leftrightarrow x = \sqrt{6} \vee x = -\sqrt{6} \end{aligned}$$

2.º processo: Aplicando a definição de raiz quadrada

$$x^2 - 6 = 0 \Leftrightarrow x^2 = 6 \Leftrightarrow x = \pm \sqrt{6} \Leftrightarrow x = \sqrt{6} \vee x = -\sqrt{6}$$

b) 1.º processo: Aplicando a lei do anulamento do produto

$$\begin{aligned} (4 + x)^2 = 4(2x + 8) &\Leftrightarrow 16 + 8x + x^2 = 8x + 32 \Leftrightarrow x^2 + 8x - 8x + 16 - 32 = 0 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow x^2 - 16 = 0 \Leftrightarrow x^2 - 4^2 = 0 \Leftrightarrow (x - 4)(x + 4) = 0 \Leftrightarrow x = 4 \vee x = -4 \end{aligned}$$

2.º processo: Aplicando a definição de raiz quadrada

$$\begin{aligned} (4 + x)^2 = 4(2x + 8) &\Leftrightarrow x^2 - 16 = 0 \Leftrightarrow x^2 = 16 \Leftrightarrow x = \pm \sqrt{16} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow x = 4 \vee x = -4 \end{aligned}$$

$$\text{c) } \frac{x(x-2)}{2} + \frac{x(x+3)}{3} = -\frac{5}{6} \Leftrightarrow \frac{x^2 - 2x}{2} + \frac{x^2 + 3x}{3} = -\frac{5}{6} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 3x^2 - 6x + 2x^2 + 6x = -5 \Leftrightarrow 5x^2 = -5 \Leftrightarrow x^2 = -1 \Leftrightarrow x = \pm \sqrt{-1} \notin \mathbb{R}$$

(aplicando a definição de raiz quadrada).

A equação não tem soluções reais.

**Exercício n.º 2**

Resolva as equações seguintes pelo processo que entender mais simples.

a)  $(3x + 1)(3x - 1) - 4x = 4(2 - x)$

b)  $\frac{2x^2 - 5}{2} - \frac{2x^2 + 2}{5} = -2$

c)  $3\left(\frac{2x - 3}{2}\right)^2 + \left(\frac{2x + 9}{2}\right)^2 = 63$

d)  $(-\sqrt{5} + 2x)(2x + \sqrt{5}) = 11$

**OBSERVAÇÃO:**Sejam  $a$  e  $c$  números reais não nulos,

$$ax^2 = c \Leftrightarrow x^2 = \frac{c}{a}$$

$$\Leftrightarrow x = +\sqrt{\frac{c}{a}} \vee x = -\sqrt{\frac{c}{a}}$$

**OBSERVAÇÃO:**O quadrado de uma raiz quadrada é igual ao seu radicando, ou seja, para  $a \in \mathbb{R}_0^+$ ,

$$(\sqrt{a})^2 = a.$$

Esta  
mento  
comun**EXEMPLO**

Reso

a)  $x^2$ 

Resoluç

a)  $x^2$ 

&lt;

b) 5

&lt;

&lt;

c)  $\frac{x}{2}$ 

&lt;

&lt;

**Exerc**

Resolv

a) 2

## 2.5. R

n

Se  
deve  
men  
com  
tadoAp  
usan $x^2 -$



## 2.4. Resolução de equações do tipo $ax^2 + bx = 0$ com $a$ e $b$ não nulos

Para todo o número real  $a$  e  $b$  não nulos,  
 $ax^2 + bx = 0 \Leftrightarrow x = 0 \vee x = -\frac{b}{a}$ .

Estas equações incompletas são resolvidas pela lei do anulamento do produto colocando inicialmente em evidência o factor comum das parcelas.

### EXEMPLO:

Resolva as equações seguintes.

a)  $x^2 + \frac{x+15}{3} = 5$

b)  $\frac{5(2x-6)}{4} = \frac{x^2-15}{2}$

c)  $\frac{x^2-1}{2} - \frac{4x-3}{3} = \frac{3-5x^2}{6}$

### Resolução

a)  $x^2 + \frac{x+15}{3} = 5 \Leftrightarrow 3x^2 + x + 15 = 15 \Leftrightarrow 3x^2 + x + 15 - 15 = 0 \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow 3x^2 + x = 0 \Leftrightarrow x(3x+1) = 0 \Leftrightarrow x = 0 \vee 3x+1 = 0 \Leftrightarrow x = 0 \vee x = -\frac{1}{3}$

b)  $\frac{5(2x-6)}{4} = \frac{x^2-15}{2} \Leftrightarrow \frac{10x-30}{4} = \frac{x^2-15}{2} \Leftrightarrow 10x-30 = 2x^2-30 \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow 10x-30-2x^2+30 = 0 \Leftrightarrow 10x-2x^2 = 0 \Leftrightarrow 2x(5-x) = 0 \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow 2x = 0 \vee 5-x = 0 \Leftrightarrow x = 0 \vee -x = -5 \Leftrightarrow x = 0 \vee x = 5$

c)  $\frac{x^2-1}{2} - \frac{4x-3}{3} = \frac{3-5x^2}{6} \Leftrightarrow 3(x^2-1) - 2(4x-3) = 3-5x^2 \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow 3x^2 - 3 - 8x + 6 = 3 - 5x^2 \Leftrightarrow 3x^2 + 5x^2 - 8x - 3 + 6 - 3 = 0 \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow 8x^2 - 8x = 0 \Leftrightarrow 8x(x-1) = 0 \Leftrightarrow 8x = 0 \vee x-1 = 0 \Leftrightarrow x = 0 \vee x = 1$

### Exercício n.º 3

Resolva as seguintes equações.

a)  $2x - \left(7 + \frac{6-2x}{3}\right) = 2x^2 - 9$

b)  $\frac{2(x-1)(x+1)}{5} + \frac{3x}{2} = \frac{x^2}{10} - \frac{2}{5}$

c)  $\frac{x(x-1)}{3} - \frac{x+2}{4} = \frac{x^2-1}{2}$

## 2.5. Resolução de equações do tipo $ax^2 + bx + c = 0$ com $a$ , $b$ e $c$ não nulos

Se uma equação do 2.º grau se apresentar na forma canónica, devemos analisar o 1.º membro para decidir o melhor procedimento para a sua resolução. No caso de ser um caso notável, tal como foi visto anteriormente, um processo simples é o apresentado de seguida para a equação  $x^2 - 2x + 1 = 0$ .

Aplicando o caso notável do quadrado de um binómio e usando a lei do anulamento do produto:

$$\begin{aligned} x^2 - 2x + 1 = 0 &\Leftrightarrow (x-1)^2 = 0 \Leftrightarrow (x-1)(x-1) = 0 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow x-1 = 0 \vee x-1 = 0 \Leftrightarrow x = 1 \end{aligned}$$

### OBSERVAÇÃO:

Sejam  $a$  e  $b$  números reais não nulos,

$$ax^2 + bx = 0 \Leftrightarrow x(ax + b) = 0$$

$$\Leftrightarrow x = 0 \vee ax + b = 0$$

$$\Leftrightarrow x = 0 \vee ax = -b$$

$$\Leftrightarrow x = 0 \vee x = -\frac{b}{a}$$



**EXEMPLO:**

Resolva as seguintes equações.

a)  $x^2 - 4x + 4 = 0$

b)  $x^2 - 10x + 25 = 0$

c)  $2x^2 + 12x + 18 = 0$

**Resolução**

$$\begin{aligned} \text{a) } x^2 - 4x + 4 = 0 &\Leftrightarrow (x-2)^2 = 0 \Leftrightarrow (x-2)(x-2) = 0 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow x-2 = 0 \vee x-2 = 0 \Leftrightarrow x = 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } x^2 - 10x + 25 = 0 &\Leftrightarrow (x-5)^2 = 0 \Leftrightarrow (x-5)(x-5) = 0 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow x-5 = 0 \vee x-5 = 0 \Leftrightarrow x = 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) } 2x^2 + 12x + 18 = 0 &\Leftrightarrow x^2 + 6x + 9 = 0 \Leftrightarrow (x+3)^2 = 0 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow (x+3)(x+3) = 0 \Leftrightarrow x+3 = 0 \vee x+3 = 0 \Leftrightarrow x = -3 \end{aligned}$$

Alternativamente ao processo referido, para resolver equações completas transforma-se o 1.º membro da equação  $ax^2 + bx = -c$  no caso notável do quadrado do binómio.

**EXEMPLO:**

Resolva as seguintes equações.

a)  $x^2 - 6x + 8 = 0$

b)  $2x^2 - 5x + 2 = 0$

c)  $x^2 - 7x + 12 = 0$

**Resolução**

$$\text{a) } x^2 - 6x + 8 = 0 \Leftrightarrow x^2 - 6x = -8 \Leftrightarrow x^2 - 6x + 9 = -8 + 9 \Leftrightarrow (x-3)^2 = 1$$

1.º processo: Aplicando a lei do anulamento do produto

$$\begin{aligned} x^2 - 6x + 8 = 0 &\Leftrightarrow (x-3)^2 - 1^2 = 0 \Leftrightarrow (x-3-1)(x-3+1) = 0 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow (x-4)(x-2) = 0 \Leftrightarrow x-4 = 0 \vee x-2 = 0 \Leftrightarrow x = 4 \vee x = 2 \end{aligned}$$

2.º processo: Aplicando a definição de raiz quadrada

$$\begin{aligned} x^2 - 6x + 8 = 0 &\Leftrightarrow (x-3)^2 = 1 \Leftrightarrow x-3 = \pm \sqrt{1} \Leftrightarrow x = 3 \pm 1 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow x = 3+1 \vee x = 3-1 \Leftrightarrow x = 4 \vee x = 2 \end{aligned}$$

$$\text{b) } 2x^2 - 5x + 2 = 0 \Leftrightarrow 2x^2 - 5x = -2 \Leftrightarrow x^2 - \frac{5}{2}x = -1 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow x^2 - \frac{5}{2}x + \frac{25}{16} = \frac{25}{16} - 1 \Leftrightarrow \left(x - \frac{5}{4}\right)^2 = \frac{9}{16} \quad \left| \left(-\frac{5}{2} : 2\right)^2 = \left(-\frac{5}{4}\right)^2 = \frac{25}{16} \right.$$

1.º processo: Aplicando a lei do anulamento do produto

$$2x^2 - 5x + 2 = 0 \Leftrightarrow \left(x - \frac{5}{4}\right)^2 - \frac{9}{16} = 0 \Leftrightarrow \left(x - \frac{5}{4}\right)^2 - \left(\frac{3}{4}\right)^2 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \left(x - \frac{5}{4} - \frac{3}{4}\right)\left(x - \frac{5}{4} + \frac{3}{4}\right) = 0 \Leftrightarrow \left(x - \frac{8}{4}\right)\left(x - \frac{2}{4}\right) = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow (x-2)\left(x - \frac{1}{2}\right) = 0 \Leftrightarrow x-2 = 0 \vee x - \frac{1}{2} = 0 \Leftrightarrow x = 2 \vee x = \frac{1}{2}$$

2.º processo: Aplicando a definição de raiz quadrada

$$2x^2 - 5x + 2 = 0 \Leftrightarrow \left(x - \frac{5}{4}\right)^2 = \frac{9}{16} \Leftrightarrow x - \frac{5}{4} = \pm \sqrt{\frac{9}{16}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow x - \frac{5}{4} = \pm \frac{3}{4} \Leftrightarrow x = \frac{5}{4} + \frac{3}{4} \vee x = \frac{5}{4} - \frac{3}{4} \Leftrightarrow x = 2 \vee x = \frac{1}{2}$$

**OBSERVAÇÃO:**

Na equação  $x^2 - 6x + 8 = 0$ , o coeficiente do termo quadrático é unitário, pelo que é necessário analisar somente qual é o número que devemos adicionar a  $x^2 - 6x$  para construir um quadrado perfeito. Esse número é o **quadrado da metade do coeficiente do termo linear**, isto é,  $\left(-\frac{6}{2}\right)^2 = 9$ .

**OBSERVAÇÃO:**

A equação  $2x^2 - 5x + 2 = 0$  difere da anterior por o coeficiente do termo quadrático não ser unitário. Assim, dividimos ambos os membros da equação pelo coeficiente do termo quadrático e procedemos como na alínea anterior.



$$c) x^2 - 7x + 12 = 0 \Leftrightarrow x^2 - 7x = -12$$

$$\Leftrightarrow x^2 - 7x + \frac{49}{4} = \frac{49}{4} - 12$$

$$\Leftrightarrow \left(x - \frac{7}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

$$\left| \left(-\frac{7}{2}\right)^2 = \frac{49}{4} \right.$$

1.º processo: Aplicando a lei do anulamento do produto

$$x^2 - 7x + 12 = 0 \Leftrightarrow \left(x - \frac{7}{2}\right)^2 - \frac{1}{4} = 0$$

$$\Leftrightarrow \left(x - \frac{7}{2}\right)^2 - \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 0$$

$$\Leftrightarrow \left(x - \frac{7}{2} - \frac{1}{2}\right)\left(x - \frac{7}{2} + \frac{1}{2}\right) = 0$$

$$\Leftrightarrow x - \frac{8}{2} = 0 \vee x - \frac{6}{2} = 0$$

$$\Leftrightarrow x = 4 \vee x = 3$$

2.º processo: Aplicando a definição de raiz quadrada

$$x^2 - 7x + 12 = 0 \Leftrightarrow \left(x - \frac{7}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

$$\Leftrightarrow x - \frac{7}{2} = \pm \sqrt{\frac{1}{4}}$$

$$\Leftrightarrow x - \frac{7}{2} = \pm \frac{1}{2}$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{7}{2} + \frac{1}{2} \vee x = \frac{7}{2} - \frac{1}{2}$$

$$\Leftrightarrow x = 4 \vee x = 3$$

#### Exercício n.º 4

Resolva as equações seguintes pelo processo que entender mais simples.

a)  $4x(x+6) = -36$

b)  $(x+2)^2 = 4(5+x)$

c)  $\frac{3x-1}{4} - \frac{x(x+1)}{8} = 0$

d)  $\frac{2x^2-x}{2} = \frac{x^2-1}{3}$

### 2.6. Fórmula resolvente de uma equação quadrática

Existe uma fórmula que permite determinar as soluções de qualquer equação quadrática, nomeadamente, as equações do 2.º grau completas.

#### Fórmula resolvente de uma equação quadrática

Para  $a, b$  e  $c \in \mathbb{R}$  e  $a \neq 0$ ,

$$ax^2 + bx + c = 0 \Leftrightarrow x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

#### OBSERVAÇÃO:

Uma demonstração da fórmula resolvente para as equações quadráticas é a seguinte:

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$\Leftrightarrow x^2 + \frac{b}{a}x = -\frac{c}{a}$$

$$\Leftrightarrow x^2 + \frac{b}{a}x + \left(\frac{b}{2a}\right)^2 = \left(\frac{b}{2a}\right)^2 - \frac{c}{a}$$

$$\Leftrightarrow \left(x + \frac{b}{2a}\right)^2 = \frac{b^2}{4a^2} - \frac{c}{a}$$

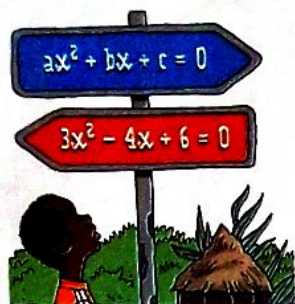
$$\Leftrightarrow \left(x + \frac{b}{2a}\right)^2 = \frac{b^2 - 4ac}{4a^2}$$

$$\Leftrightarrow x + \frac{b}{2a} = \pm \sqrt{\frac{b^2 - 4ac}{4a^2}}$$

$$\Leftrightarrow x + \frac{b}{2a} = \pm \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$





$$a=1, b=6 \text{ e } c=9$$

$$a=1, b=1 \text{ e } c=1$$

$$a=1, b=2 \text{ e } c=-5$$

$$a=1, b=1 \text{ e } c=-6$$

**EXEMPLO:**

Resolva as seguintes equações usando a fórmula resolvente.

a)  $x^2 + 6x + 9 = 0$

b)  $x^2 + x + 1 = 0$

c)  $x^2 + 2x - 5 = 0$

d)  $3x^3 + 3x^2 - 18x = 0$

**Resolução**

$$\text{a) } x^2 + 6x + 9 = 0 \Leftrightarrow x = \frac{-6 \pm \sqrt{36 - 36}}{2} \Leftrightarrow x = \frac{-6 \pm 0}{2} \Leftrightarrow x = -3$$

(raiz dupla)

$$\text{b) } x^2 + x + 1 = 0 \Leftrightarrow x = \frac{-1 \pm \sqrt{1 - 4}}{2} \Leftrightarrow x = \frac{-1 \pm \sqrt{-3}}{2}$$

(raízes não reais)

$$\text{c) } x^2 + 2x - 5 = 0 \Leftrightarrow x = \frac{-2 \pm \sqrt{4 + 20}}{2} \Leftrightarrow x = \frac{-2 \pm \sqrt{24}}{2} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{-2 \pm 2\sqrt{6}}{2} \Leftrightarrow x = -1 \pm \sqrt{6} \Leftrightarrow x = -1 + \sqrt{6} \vee x = -1 - \sqrt{6}$$

(raízes reais e diferentes)

$$\text{d) } 3x^3 + 3x^2 - 18x = 0 \Leftrightarrow 3x(x^2 + x - 6) = 0 \Leftrightarrow 3x = 0 \vee x^2 + x - 6 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow x = 0 \vee x = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + 24}}{2} \Leftrightarrow x = 0 \vee x = \frac{-1 \pm 5}{2}$$

$$\Leftrightarrow x = 0 \vee x = \frac{-1 + 5}{2} \vee x = \frac{-1 - 5}{2} \Leftrightarrow x = 0 \vee x = 2 \vee x = -3$$

**2.6.1. Binómio discriminante e a natureza das raízes**

Se na fórmula resolvente das equações quadráticas considerarmos  $\Delta = b^2 - 4ac$ , temos que:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2a}$$

A expressão  $\Delta = b^2 - 4ac$  designa-se por **binómio discriminante** e representa-se pela letra grega maiúscula  $\Delta$  que se lê "delta".

No caso de:

- $\Delta > 0$ , a equação tem duas raízes reais e diferentes;
- $\Delta = 0$ , a equação tem duas raízes reais e iguais (raiz dupla);
- $\Delta < 0$ , a equação não tem raízes reais.

**EXEMPLO:**

Estude o sinal de  $\Delta$  relativamente às equações quadráticas do exemplo anterior.

**Resolução**

a) Para  $a=1$ ,  $b=6$  e  $c=9$ ,  $\Delta = 6^2 - 4 \times 1 \times 9 = 0$  e, por isso, a equação tem a raiz dupla igual a  $-3$ .

b) Para  $a=1$ ,  $b=1$  e  $c=1$ ,  $\Delta = 1^2 - 4 \times 1 \times 1 = -3 < 0$ , pelo que a equação não tem raízes reais.

c) Para  $a=1$ ,  $b=2$  e  $c=-5$ ,  $\Delta = 2^2 - 4 \times 1 \times (-5) = 24 > 0$  e, por isso, a equação tem duas raízes reais diferentes,  $-1 + \sqrt{6}$  e  $-1 - \sqrt{6}$ .



## 2.6.2. Simplificação da fórmula resolvente

A fórmula resolvente de uma equação quadrática simplifica-se no caso do coeficiente do termo linear ser um número par, ou seja,  $b = 2k$ ,  $k \in \mathbb{Z}$ .

Neste caso,  $ax^2 + bx + c = 0 \Leftrightarrow x = \frac{-k \pm \sqrt{k^2 - ac}}{a}$  para  $b = 2k$ .

Para  $a = 1$ , obtemos um caso particular da expressão simplificada:

$$x = -k \pm \sqrt{k^2 - c}.$$

### EXEMPLO:

Resolva as equações seguintes.

a)  $(4x - 1)^2 = (x - 1)(x + 1)$     b)  $\frac{x^2 - 8}{3} = \frac{x^2 - 4}{2} - \frac{2x}{3}$     c)  $x - \frac{3}{4} = (x - 1)^2 - \frac{1}{2}$

### Resolução

a)  $(4x - 1)^2 = (x - 1)(x + 1) \Leftrightarrow 16x^2 - 8x + 1 = x^2 - 1 \Leftrightarrow 15x^2 - 8x + 2 = 0$

Como  $b = -8 = 2 \times (-4)$ , então  $k = -4$  pelo que:

$$15x^2 - 8x + 2 = 0 \Leftrightarrow x = \frac{4 \pm \sqrt{16 - 30}}{15} \Leftrightarrow x = \frac{4 \pm \sqrt{-14}}{15} \notin \mathbb{R}$$

b)  $\frac{x^2 - 8}{3} = \frac{x^2 - 4}{2} - \frac{2x}{3} \Leftrightarrow 2x^2 - 16 = 3x^2 - 12 - 4x \Leftrightarrow x^2 - 4x + 4 = 0$

Como  $b = -4 = 2 \times (-2)$ , então  $k = -2$  e, usando o caso particular da expressão simplificada porque  $a = 1$ :

$$x^2 - 4x + 4 = 0 \Leftrightarrow x = 2 \pm \sqrt{4 - 4} \Leftrightarrow x = 2$$

c)  $x - \frac{3}{4} = (x - 1)^2 - \frac{1}{2} \Leftrightarrow 4x - 3 = 4(x^2 - 2x + 1) - 2 \Leftrightarrow 4x^2 - 12x + 5 = 0$

Como  $b = -12 = 2 \times (-6)$ , então  $k = -6$ , pelo que:

$$4x^2 - 12x + 5 = 0 \Leftrightarrow x = \frac{6 \pm \sqrt{36 - 20}}{4} \Leftrightarrow x = \frac{6 \pm \sqrt{16}}{4} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{6 \pm 4}{4} \Leftrightarrow x = \frac{5}{2} \vee x = \frac{1}{2}$$

## 2.7. Relação entre as raízes e os coeficientes da equação quadrática

As raízes de uma equação quadrática  $ax^2 + bx + c = 0$ , com  $a \neq 0$  são da forma:

$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} \text{ e } x_2 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}$$

onde  $\Delta = b^2 - 4ac$ .

Procedendo a uma simplificação da expressão da soma das raízes obtemos a seguinte relação:

$$S = x_1 + x_2 = -\frac{b}{a}$$

Analogamente, a expressão do produto das raízes é a seguinte:

$$P = x_1 \times x_2 = \frac{c}{a}$$

### OBSERVAÇÃO:

Se substituirmos  $b = 2k$  na fórmula resolvente obtemos a seguinte expressão:

$$\begin{aligned} ax^2 + bx + c &= 0 \\ \Leftrightarrow x &= \frac{-2k \pm \sqrt{4k^2 - 4ac}}{2a} \\ \Leftrightarrow x &= \frac{-2k \pm \sqrt{4(k^2 - ac)}}{2a} \\ \Leftrightarrow x &= \frac{-2k \pm 2\sqrt{k^2 - ac}}{2a} \\ \Leftrightarrow x &= \frac{-k \pm \sqrt{k^2 - ac}}{a} \end{aligned}$$

### OBSERVAÇÃO:

Soma das raízes de uma equação quadrática:

$$\begin{aligned} S &= x_1 + x_2 \\ &= \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} + \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} \\ &= \frac{-2b}{2a} = -\frac{b}{a} \end{aligned}$$

Produto das raízes de uma equação quadrática:

$$\begin{aligned} P &= x_1 \times x_2 \\ &= \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} \times \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} \\ &= \frac{(-b + \sqrt{\Delta})(-b - \sqrt{\Delta})}{4a^2} \\ &= \frac{b^2 - \Delta}{4a^2} = \frac{4ac}{4a^2} = \frac{c}{a} \end{aligned}$$



Desta forma, uma equação quadrática pode ser escrita na forma:

$$x^2 - Sx + P = 0, \text{ onde } S = x_1 + x_2 = -\frac{b}{a} \text{ e } P = x_1 \times x_2 = \frac{c}{a}$$

sendo  $a$ ,  $b$  e  $c$  os coeficientes dos termos quadrático, linear e independente e  $x_1$  e  $x_2$  as raízes da equação.

### EXEMPLOS:

- Considere a equação  $2x^2 - (m-1)x + 8 = 0$ . Determine  $m$  tal que:
  - a equação seja incompleta;
  - a equação tenha raízes reais e iguais;
  - a equação tenha raízes simétricas;
  - uma das raízes seja igual a  $-1$ .
- Dada a equação  $x^2 - 3(m-1)x + m^2 + 8m + 15 = 0$ , determine o número real  $m$  tal que  $\frac{x_1 x_2 - 24}{x_1 + x_2} = 2$ , sendo  $x_1$  e  $x_2$  as raízes da equação dada.
- Determine uma equação quadrática que admita:
  - as raízes  $-4$  e  $7$ ;
  - a raiz dupla igual a  $-4$ .

### Resolução

- Para a equação ser incompleta não pode ter o termo linear já que os restantes não dependem de nenhuma variável. Assim,  $m-1=0 \Leftrightarrow m=1$ .
  - Para a equação ter raízes reais e iguais,  $\Delta$  tem de ser necessariamente nulo.
 
$$\Delta = [-(m-1)]^2 - 4 \times 2 \times 8 = 0 \Leftrightarrow (m-1)^2 - 64 = 0 \Leftrightarrow (m-1)^2 = 64 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow m-1 = \pm \sqrt{64} \Leftrightarrow m = 1 \pm 8 \Leftrightarrow m = 1+8 \vee m = 1-8 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow m = 9 \vee m = -7$$
  - Sejam  $x_1$  e  $x_2$  as raízes da equação:  $x_1 = -x_2 \Leftrightarrow x_1 + x_2 = 0 \Leftrightarrow S = 0$ .  
Na equação  $x^2 - \frac{m-1}{2}x + 4 = 0$ ,  $S = \frac{m-1}{2}$ , pelo que:  
 $\frac{m-1}{2} = 0 \Leftrightarrow m-1=0 \Leftrightarrow m=1$ .
  - Sendo uma das raízes igual a  $-1$ , então, substituindo na equação descobrimos o valor de  $m$ .  
 $2(-1)^2 - (m-1)(-1) + 8 = 0 \Leftrightarrow 2 + m - 1 + 8 = 0 \Leftrightarrow m + 9 = 0 \Leftrightarrow m = -9$
- Na equação dada,  $P = x_1 x_2 = m^2 + 8m + 15$  e  $S = x_1 + x_2 = 3(m-1)$ .  
Substituindo na expressão temos que:  
$$\frac{m^2 + 8m + 15 - 24}{3(m-1)} = 2 \Leftrightarrow m^2 + 8m - 9 = 6m - 6 \Leftrightarrow m^2 + 8m - 6m - 9 + 6 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow m^2 + 2m - 3 = 0 \Leftrightarrow m = \frac{-1 \pm \sqrt{1+3}}{2} \Leftrightarrow m = 1 \vee m = -3$$
- $S = x_1 + x_2 = -4 + 7 = 3$ ;  $P = x_1 x_2 = -4 \times 7 = -28$   
Como  $x^2 - Sx + P = 0$ , então uma equação quadrática poderá ser  $x^2 - 3x - 28 = 0$ .
  - $S = x_1 + x_2 = -4 - 4 = -8$ ;  $P = x_1 x_2 = -4(-4) = 16$   
Uma equação quadrática poderá ser  $x^2 + 8x + 16 = 0$ .



## 2.8. Factorização do trinómio quadrático

Conhecidas as raízes de uma equação quadrática, podemos factorizar o polinómio  $ax^2 + bx + c$  da seguinte forma:

$$ax^2 + bx + c = a(x - x_1)(x - x_2)$$

onde  $x_1$  e  $x_2$  são as raízes da equação  $ax^2 + bx + c = 0$ , com  $a \neq 0$ .

## EXEMPLO:

Simplifique as fracções seguintes.

a)  $\frac{2x^2 - 5x + 2}{x^2 - x - 2}$

b)  $\frac{3x^2 + 5x - 2}{x^2 + x - 2}$

c)  $\frac{2x^2 - 5x + 2}{x^2 - x - 2}$

## Resolução

- a) As raízes da equação quadrática do numerador são 2 e  $\frac{1}{2}$ , enquanto que as do denominador são -1 e 2.

$$\frac{2x^2 - 5x + 2}{x^2 - x - 2} = \frac{2(x-2)\left(x-\frac{1}{2}\right)}{(x+1)(x-2)} = \frac{2x-1}{x+1}$$

- b) As raízes da equação quadrática do numerador são  $-\frac{2}{3}$  e 1, enquanto que as do denominador são -2 e 1.

$$\frac{3x^2 + 5x - 2}{x^2 + x - 2} = \frac{3\left(x-\frac{1}{3}\right)(x+2)}{(x-1)(x+2)} = \frac{3x-1}{x-1}$$

- d) As raízes da equação quadrática do numerador são  $\frac{1}{2}$  e 2, enquanto que as do denominador são -1 e 2.

$$\frac{2x^2 - 5x + 2}{x^2 - x - 2} = \frac{2\left(x-\frac{1}{2}\right)\left(x-2\right)}{(x+1)(x-2)} = \frac{2\left(x-\frac{1}{2}\right)}{x+1}$$

## Exercício n.º 5

1. Resolva as seguintes equações, utilizando o método mais conveniente.

a)  $(x-2)^2 - \left(\frac{1}{2}x\right)^2 = -4x$       b)  $(-2x-1)^2 = 3 + (x+2)^2$       c)  $(x+5)^2 = (1-x)(1+x) + 24$   
 d)  $(2x+1) + (4x^2-1) = 0$       e)  $-(-x-3)^2 = 6(-x^2-x)$       f)  $-2x(1-x)(2x+1) = 0$

2. Dada a equação  $x^2 + (k+1)x + (2k-5) = 0$ , determine o valor de  $k$  de modo que:

- a) a equação seja incompleta;      b) a soma das raízes seja 4;  
 c) admita duas raízes do mesmo sinal;      d) admita a raiz -2.

3. Simplifique as fracções seguintes.

a)  $\frac{x^2 + 2x - 3}{3x^2 - 2x - 1}$       b)  $\frac{x^2 - 4x}{x^2 - 8x + 16}$

c)  $\frac{2x^2 - 7x + 3}{x^2 - 4x + 3}$

4. Determine uma equação quadrática que admita:

- a) raiz dupla -3;      b) raízes 0 e  $\sqrt{2}$ ;      c) raiz dupla  $\sqrt{5}$ .



### 3. Problemas do 2.º grau

#### OBSERVAÇÃO:

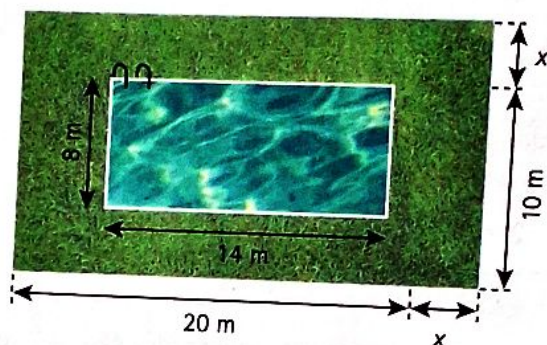
Em qualquer problema e após a sua compreensão devemos sempre:

- identificar a incógnita e explicar o seu significado;
- traduzir o problema por uma equação (por vezes, fazer um desenho ou um esquema pode ajudar à sua formulação);
- resolver a equação pelo processo mais conveniente;
- interpretar a(s) solução(ões) da equação e verificar se também são do problema;
- formular a resposta de acordo com o problema proposto.

A estratégia mais adequada na resolução de vários problemas é escrever uma equação que o traduza. No caso dessa equação ser quadrática, o problema designa-se por problema do 2.º grau.

#### EXEMPLOS:

1. Na figura seguinte está representada uma piscina com a forma de um rectângulo inserida num recinto relvado também rectangular.



A área da parte relvada é de  $187 \text{ m}^2$ . Determine o valor de  $x$ .

2. A soma dos quadrados de três números inteiros consecutivos é 50. Quais são os números?

#### Resolução

1. Seja  $x$  o comprimento da medida desconhecida. Sabendo que a área da parte relvada é de  $187 \text{ m}^2$  dado pela expressão  $(20 + x)(10 + x) - 8 \times 14$  então o problema pode ser traduzido pela equação  $(20 + x)(10 + x) - 8 \times 14 = 187$ .

$$\begin{aligned} (20 + x)(10 + x) - 8 \times 14 &= 187 \Leftrightarrow 200 + 20x + 10x + x^2 - 112 - 187 = 0 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow x^2 + 30x - 99 = 0 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow x = -15 \pm \sqrt{15^2 + 99} \Leftrightarrow x = -33 \vee x = 3 \end{aligned}$$

Como uma medida de comprimento não pode ser um valor negativo,  $x = -33$  não é solução do problema.

R.: O valor da medida desconhecida é de 3 metros.

2. Sejam  $x$ ,  $x + 1$ ,  $x + 2$  os três números inteiros consecutivos e,  $x^2$ ,  $(x + 1)^2$  e  $(x + 2)^2$  os seus quadrados, respectivamente.

R.: Como a soma dos quadrados é igual a 50, a equação que traduz o problema é:

$$\begin{aligned} x^2 + (x + 1)^2 + (x + 2)^2 &= 50 \Leftrightarrow x^2 + x^2 + 2x + 1 + x^2 + 4x + 4 - 50 = 0 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow 3x^2 + 6x - 45 = 0 \Leftrightarrow x^2 + 2x - 15 = 0 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow x = -1 \pm \sqrt{1^2 + 15} \Leftrightarrow x = 3 \vee x = -5 \end{aligned}$$

R.: Os números são -5, -4 e -3 ou 3, 4 e 5.



1. A altitude  $h$ , em metros, atingida por um corpo que é lançado verticalmente para o ar, ao fim de  $t$  segundos com uma velocidade inicial de 200 m/s, é dada pela fórmula:

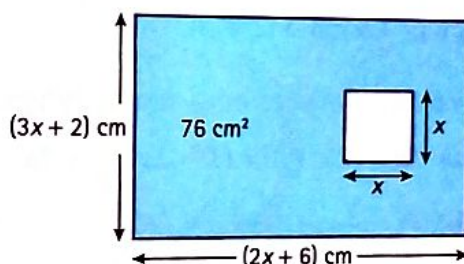
$$h(t) = -4,9t^2 + 200t + 50$$

- A que altitude se encontra o corpo ao fim de 2 segundos?
  - Qual é a altura da plataforma onde estava o corpo antes de ser lançado?
  - Quanto tempo demorou o corpo a atingir o solo?
2. Uma caixa de alfinetes tem a forma de um bloco, como se mostra na figura.



A caixa tem 24 cm de altura e a largura é inferior ao comprimento em 2 cm. Sabendo que o volume da caixa é de  $1,512 \text{ dm}^3$ , calcule as suas dimensões.

3. A um rectângulo de cartolina retirou-se um quadrado de lado  $x$ . A área da parte colorida é de  $76 \text{ cm}^2$ .



De acordo com os restantes lados constantes na figura, determine as dimensões do rectângulo.

4. Comprou-se um certo número de rebuçados por 6 meticais. Se cada rebuçado custasse menos 10 centavos poder-se-ia ter comprado mais 2 rebuçados.

- Quantos rebuçados se compraram?
- Quanto custou cada rebuçado?



5. No Parque Nacional da Gorongosa andam macacos a brincar em dois grupos. Num grupo os macacos gritam alegremente enquanto que no outro alimentam-se de vegetação.

A soma do quadrado da oitava parte do grupo que se alimenta com 12 dos que com gritos alegres atroam os amigos é 28.

Quantos macacos são no total?



6. Determine dois números ímpares consecutivos, sendo que a soma dos seus quadrados é igual a 2050.



# 4

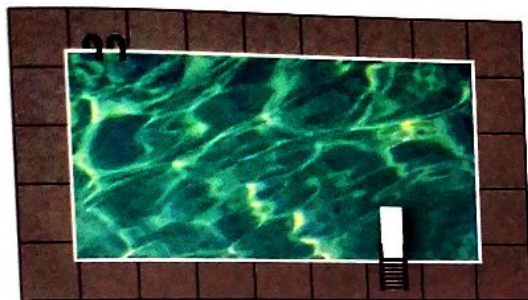
## AVALIAÇÃO FORMATIVA

1. Considere a equação  $x^2 + (2m - 1)x = -m$ .
  - a) Resolva a equação para  $m = 2$ .
  - b) Para que valores de  $m$  a equação é incompleta?
  - c) Determine o valor de  $m$  para que a equação admita a raiz  $-2$ .
  - d) Para que valores de  $m$  a equação admite raiz dupla?
  - e) Obtenha o valor de  $m$  para que a soma das raízes seja  $-3$ .
2. Sem recorrer à fórmula resolvente, resolva as equações seguintes.
  - a)  $\left(\frac{x}{2} - 1\right)\left(3x + \frac{1}{4}\right) = 0$
  - b)  $16x^2 - (x + 1)^2 = 0$
  - c)  $(2 + x)^2 = 5(2 + x)$
3. Resolva as seguintes equações pelo método mais conveniente.
  - a)  $2x^2 - 2x + 1 = (1 - 2x)(1 + 2x)$
  - b)  $x^2 - \frac{1}{3} = -\frac{2}{3}x$
  - c)  $\frac{x-2}{2} - x(x+1) = -19$
4. Numa equação quadrática, a soma das raízes é 7 e uma delas é 3.
  - a) Calcule o valor da outra raiz.
  - b) Escreva uma equação quadrática que admita as raízes em estudo.
5. Comente cada uma das seguintes afirmações.
  - a) Todas as equações  $ax^2 = 0$  com  $a \neq 0$  têm duas soluções simétricas.
  - b) Uma equação do tipo  $ax^2 = c$  com  $a$  e  $c$  não nulos é sempre possível.
  - c) As equações do tipo  $ax^2 + bx = 0$  com  $a$  e  $b$  não nulos têm uma solução nula.
  - d) Qualquer equação completa do 2.º grau tem duas raízes reais distintas.



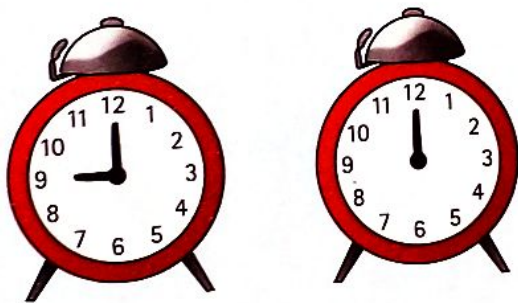
6. A soma da diferença dos quadrados de dois números ímpares consecutivos com a 96 é igual ao quadrado do número par compreendido entre eles. Quais são os números?

7. Em torno de uma piscina rectangular com 8 m de comprimento e 4 m de largura, construiu-se um passeio de largura constante.



Sabendo que a área do passeio é de  $28 \text{ m}^2$ , determine a sua largura.

8. Às 9 horas, as extremidades dos ponteiros de um relógio distam 20 cm e ao meio-dia tal distância é de 4 cm.



Determine o comprimento dos ponteiros do relógio.

9. Um quadro com 30 cm de comprimento e 20 cm de largura foi encaixilhado numa moldura de largura uniforme.

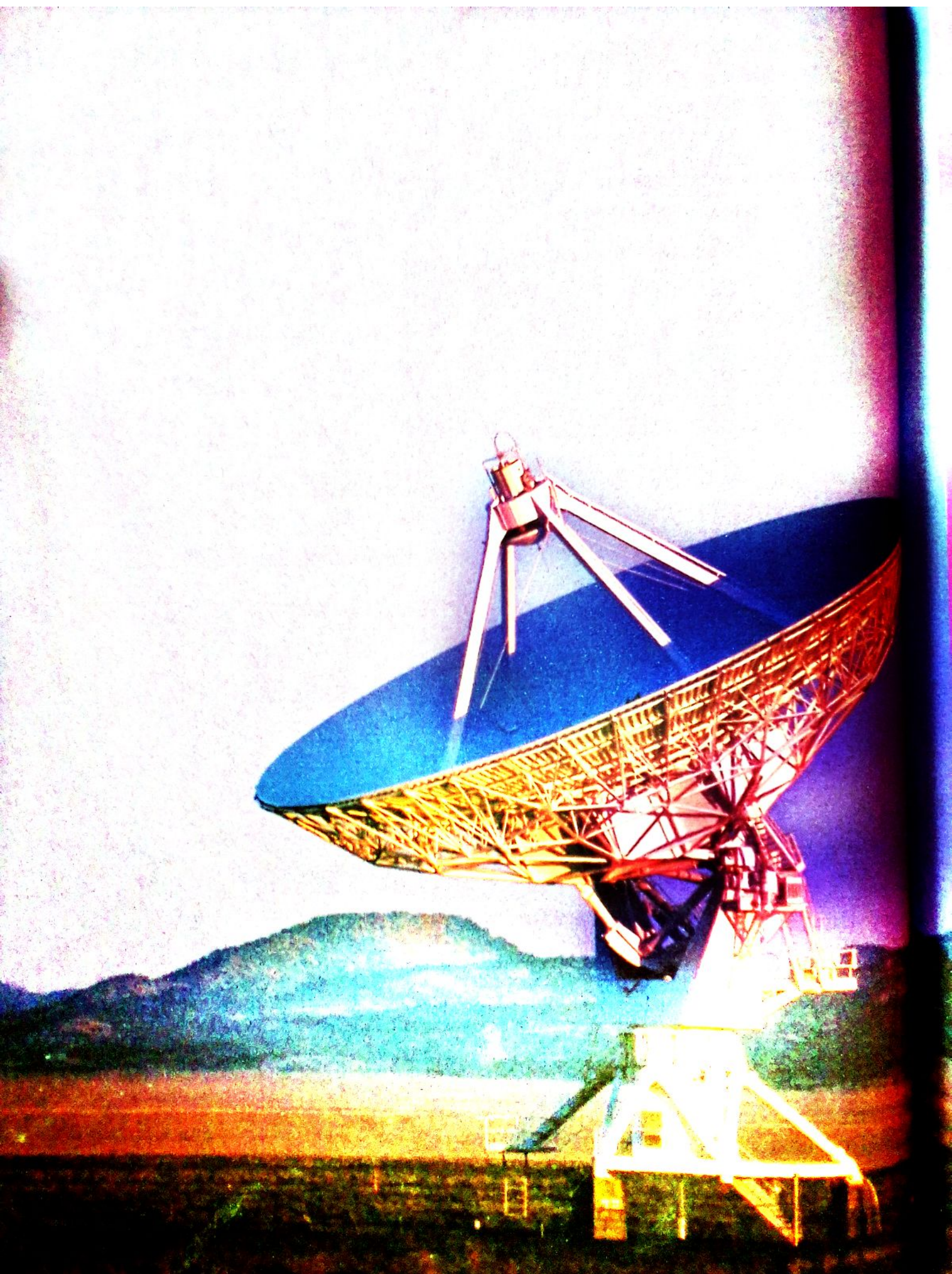
A área da moldura é precisamente igual à área da tela.

- a) Qual é a área total da tela com moldura?  
b) Qual é a largura da moldura?



10. A dona de um supermercado comprou 160,00 Mt de iogurtes mas antes de os vender passaram de prazo 20 iogurtes. Vendeu os outros com o lucro de 1,00 Mt em cada um, ganhando no negócio apenas 20,00 Mt. Quantos iogurtes comprou?







# 5

## FUNÇÃO QUADRÁTICA

1.  
FUNÇÃO QUADRÁTICA

2.  
PROBLEMAS ENVOLVENDO FUNÇÕES QUADRÁTICAS



## UM POUCO DE HISTÓRIA...

O termo matemático "função" foi introduzido pelo matemático alemão Gottfried Leibniz (1646-1716) para designar qualquer variável associada a uma curva. No entanto, a definição de função surge mais tarde com Leonard Euler (1707-1783), matemático suíço que escreveu "Se  $x$  é uma quantidade variável, então toda a quantidade que depende de  $x$  de qualquer maneira, ou que seja determinada por aquela, chama-se função da dita variável".

Euler utilizou pela primeira vez a notação  $f(x)$ .

## 1. Função quadrática

## 1.1. Noção de função quadrática

Na classe anterior estudámos funções do 1.º grau e suas representações no sistema cartesiano ortogonal.

## EXEMPLO:

Esboce o gráfico da função do 1.º grau  $y = 3x - 2$  num sistema cartesiano ortogonal.

## Resolução

Para representarmos graficamente a função escolhemos alguns valores de  $x$  (números inteiros próximos de zero) e calculamos as suas imagens.

| $x$ | $y = 3x - 2$                      |
|-----|-----------------------------------|
| -2  | $3 \times (-2) - 2 = -6 - 2 = -8$ |
| -1  | $3 \times (-1) - 2 = -3 - 2 = -5$ |
| 0   | $3 \times 0 - 2 = 0 - 2 = -2$     |
| 1   | $3 \times 1 - 2 = 3 - 2 = 1$      |
| 2   | $3 \times 2 - 2 = 6 - 2 = 4$      |

Os pares ordenados que satisfazem a relação  $y = 3x - 2$  são:

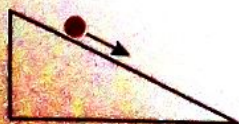
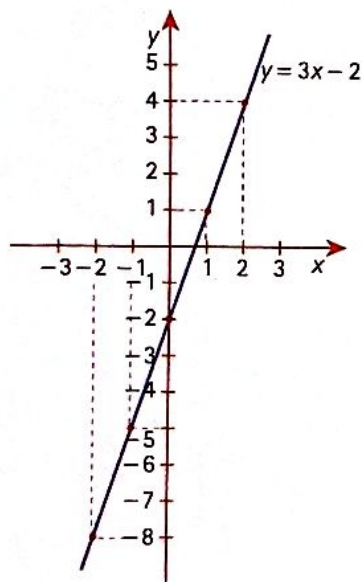
$(-2, -8)$ ;  $(-1, -5)$ ;  $(0, -2)$ ;  $(1, 1)$  e  $(2, 4)$ .

Representando num sistema cartesiano ortogonal os pares ordenados referidos e unindo-os, obtemos uma recta, como podemos observar na representação ao lado.

O gráfico de uma função do 1.º grau é uma linha recta e, por isso, é designada por **função afim**.

Registou-se na tabela seguinte o espaço percorrido ( $e$ ) por uma bola que desce livremente num plano inclinado.

| $t$ | 0 | 0,5   | 1   | 1,5   | 2 | 2,5   |
|-----|---|-------|-----|-------|---|-------|
| $e$ | 0 | 0,125 | 0,5 | 1,125 | 2 | 3,125 |



zi  
de  
m

f  
n

E

Res

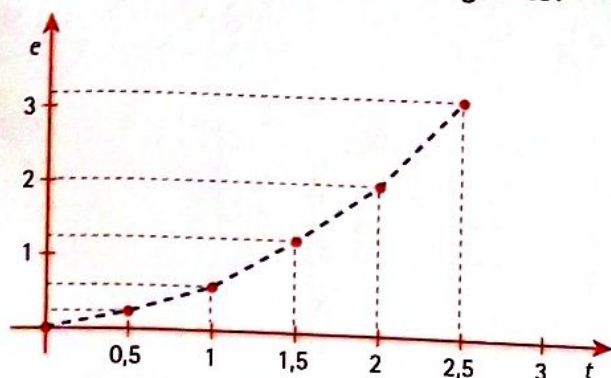
1.2

à s  
de

um



Um esboço do gráfico da função é o seguinte:



O modelo matemático para a situação apresentada é traduzido pela expressão analítica  $e(t) = 0,5t^2$ ,  $t \geq 0$ . Esta função é designada por **função quadrática** ou **função do 2.º grau** e é muito usada para descrever situações da vida real.

Uma **função quadrática** é uma função do 2.º grau da forma  $y = ax^2 + bx + c$ , em que  $a \neq 0$  e  $a$ ,  $b$  e  $c$  são números reais.

#### EXEMPLO:

Verifique se  $y = (2x - 1)^2 - 2(2x^2 - x)$  é uma função quadrática.

#### Resolução

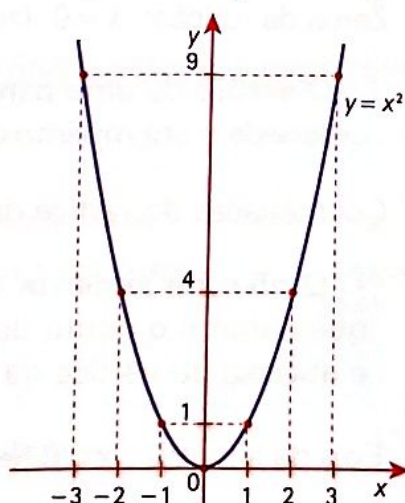
$$y = (2x - 1)^2 - 2(2x^2 - x) = 4x^2 - 4x + 1 - 4x^2 + 2x = -2x + 1$$

Trata-se de uma função afim e não quadrática.

### 1.2. Estudo da função $y = ax^2$ , $a \neq 0$

Consideremos a função  $y = x^2$  em que  $a = 1$ . Para procedermos à sua representação gráfica num sistema cartesiano ortogonal, temos de determinar alguns pares ordenados que satisfaçam a função.

| $x$ | $y = x^2$    |
|-----|--------------|
| -3  | $(-3)^2 = 9$ |
| -2  | $(-2)^2 = 4$ |
| -1  | $(-1)^2 = 1$ |
| 0   | $0^2 = 0$    |
| 1   | $1^2 = 1$    |
| 2   | $2^2 = 4$    |
| 3   | $3^2 = 9$    |

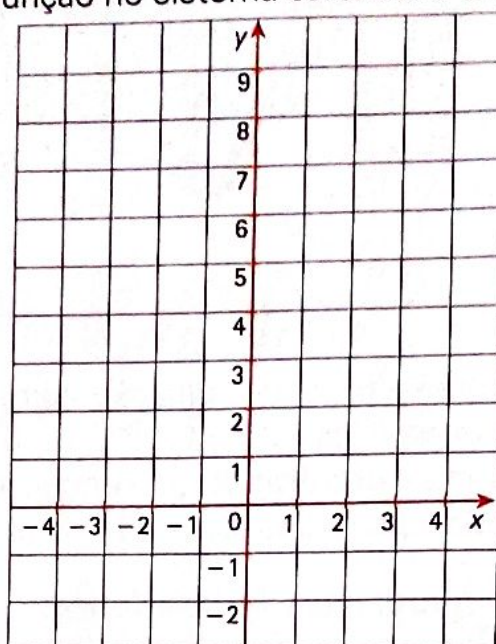


A representação gráfica de uma função quadrática é uma linha curva designada por **parábola**.



Relativamente à função  $y = 0,5x^2$ , complete a tabela ao lado e represente a função no sistema cartesiano ortogonal seguinte.

| $x$ | $y = 0,5x^2$                            |
|-----|-----------------------------------------|
| -4  | $0,5 \times (-4)^2 = 0,5 \times 16 = 8$ |
| -3  |                                         |
| -2  |                                         |
| -1  |                                         |
| 0   |                                         |
| 1   |                                         |
| 2   |                                         |
| 3   |                                         |
| 4   |                                         |



Com base nas representações gráficas das funções quadráticas  $y = 0,5x^2$  e  $y = x^2$ , estudaremos algumas características importantes das funções  $y = ax^2$ , com  $a \neq 0$  e  $a > 0$ .

- a) O **domínio** de uma função é o conjunto formado pelos objectos e representa-se por  $D$ .

Domínio da função:  $D = \mathbb{R}$ ;

- b) Concavidade da parábola: voltada para cima;

- c) Os **zeros** de uma função são as abcissas dos pontos cujas ordenadas são nulas, ou seja, onde a função corta o eixo das abcissas.

Zeros da função:  $x = 0$  (zero duplo);

- d) O **vértice** de uma parábola é o ponto do gráfico cuja ordenada é um mínimo ou máximo absoluto da função.

Coordenadas do vértice da função:  $V \rightarrow (0, 0)$ ;

- e) O **eixo de simetria** da parábola é a recta vertical que contém o ponto de coordenadas  $(a, 0)$  onde  $a$  é abcissa do vértice da parábola.

Eixo de simetria:  $x = 0$  (eixo das ordenadas);

- f) O **contradomínio** de uma função é o conjunto das imagens e representa-se por  $CD$  ou  $D'$ .

Contradomínio da função:  $D' = [0, +\infty[$ ;

**OBSERVAÇÃO:**

Cálculo dos zeros da função:

Para  $y = 0$ ,

$$\begin{aligned} 0 = x^2 &\Leftrightarrow x^2 = 0 \\ &\Leftrightarrow x = \pm \sqrt{0} \\ &\Leftrightarrow x = 0 \end{aligned}$$



**g) Uma função monótona é uma função que é crescente ou decrescente em todo o seu domínio.**

Nas funções em estudo, podendo verificar que se  $a > 0$  a função é crescente para  $x > 0$  e decrescente para  $x < 0$ ; se  $a < 0$  a função é decrescente para  $x > 0$  e crescente para  $x < 0$ . Ambas as funções têm o vértice no ponto  $(0, 0)$ . É o ponto de mudança da variação da função. Esta informação pode ser resumida na seguinte tabela, designada por tabela de variação da função:

|     | $a > 0$        |   |                | $a < 0$        |   |                |
|-----|----------------|---|----------------|----------------|---|----------------|
| $x$ | $]-\infty, 0[$ | 0 | $]0, +\infty[$ | $]-\infty, 0[$ | 0 | $]0, +\infty[$ |
| $y$ | $\searrow$     | 0 | $\nearrow$     | $\nearrow$     | 0 | $\searrow$     |

Assim, diz-se que a função é monótona decrescente de  $]-\infty, 0[$  e monótona crescente de  $]0, +\infty[$ . O vértice  $(0, 0)$  é o ponto de mudança da variação da função.

**h) Sinal da função:**

Para qualquer valor de  $x$  à excepção do ponto  $(0, 0)$ , o sinal da função (sinal dos valores das ordenadas) é sempre positivo para  $a > 0$  e sempre negativo para  $a < 0$ , como podemos verificar na tabela seguinte designada por tabela de variação de sinal:

|     | $a > 0$        |   |                | $a < 0$        |   |                |
|-----|----------------|---|----------------|----------------|---|----------------|
| $x$ | $]-\infty, 0[$ | 0 | $]0, +\infty[$ | $]-\infty, 0[$ | 0 | $]0, +\infty[$ |
| $y$ | +              | 0 | +              | -              | 0 | -              |

Assim, diz-se que a função é positiva em  $\mathbb{R} \setminus \{0\}$ .

| $x$ | $y = -x^2$     |
|-----|----------------|
| -3  | $-(-3)^2 = -9$ |
| -2  | $-(-2)^2 = -4$ |
| -1  | $-(-1)^2 = -1$ |
| 0   | $0^2 = 0$      |
| 1   | $-1^2 = -1$    |
| 2   | $-2^2 = -4$    |
| 3   | $-3^2 = -9$    |

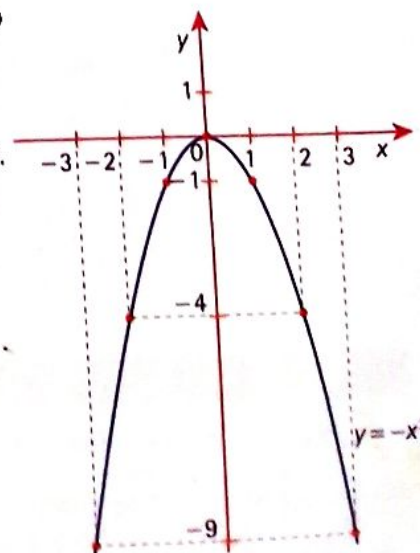
### EXEMPLO:

Considere a função  $y = -x^2$ . Represente a função num sistema cartesiano ortogonal e indique:

- a) o domínio;
- b) a concavidade;
- c) os zeros;
- d) as coordenadas do vértice;
- e) o eixo de simetria;
- f) o contradomínio.

### Resolução

- a)  $D = \mathbb{R}$
- b) A concavidade da função é voltada para baixo.
- c) O zero da função é  $x = 0$  (zero duplo).
- d)  $V \curvearrowright (0, 0)$
- e)  $x = 0$  (eixo dos  $yy$ )
- f)  $D' = ]-\infty, 0]$





# Exercício n.º 1

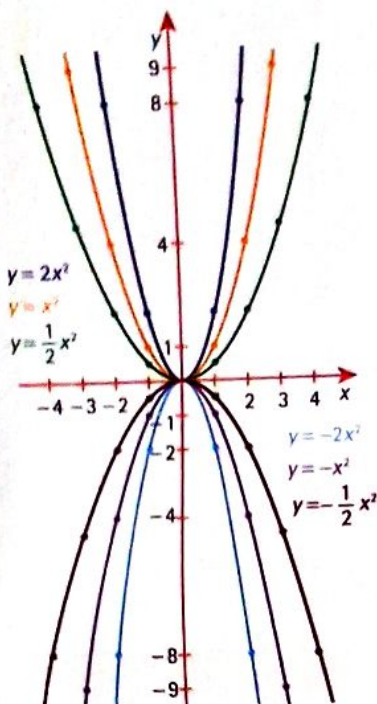
Para cada uma das seguintes funções, represente-as num sistema cartesiano ortogonal e indique o seu domínio, concavidade, zeros, vértice, eixos de simetria, contradomínio, monotonia e variação de sinal da função.

a)  $y = 2x^2$

b)  $y = -2x^2$

c)  $y = \frac{1}{2}x^2$

d)  $y = -\frac{1}{2}x^2$



## 1.2.1. Significado do coeficiente $a$ de uma função quadrática

Consideremos a representação gráfica ao lado de seis funções do tipo  $y = ax^2$ ,  $a \neq 0$ , num só sistema cartesiano ortogonal.

A partir do gráfico, o que podemos concluir sobre:

a) a relação do coeficiente  $a$  com a concavidade da parábola?

- Se  $a$  for positivo ( $a > 0$ ), a concavidade está voltada para cima;
- Se  $a$  for negativo ( $a < 0$ ), a concavidade está voltada para baixo.

b) a relação do coeficiente  $a$  com a abertura da parábola?

Quanto maior for o valor de  $|a|$  (valor absoluto de  $a$ ), menor será a abertura da parábola.

Por exemplo, a representação gráfica de  $y = 2x^2$  tem menor abertura do que a de  $y = x^2$  e a de  $y = \frac{1}{2}x^2$ , porque  $2 > 1$  e  $2 > \frac{1}{2}$ , respectivamente.

Também a representação gráfica de  $y = -2x^2$  tem menor abertura do que a de  $y = -x^2$  e a de  $y = -\frac{1}{2}x^2$ , já que:

$$|-2| > |-1| \text{ e } |-2| > \left| -\frac{1}{2} \right|, \text{ respectivamente.}$$

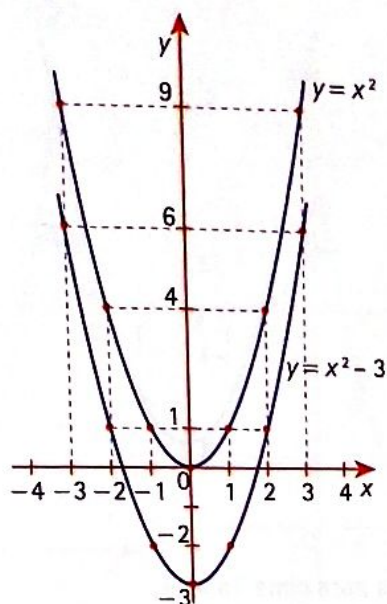
c) a relação do coeficiente  $a$  com o contradomínio da parábola?

Como nos gráficos deste tipo de funções, o vértice coincide com a origem do sistema cartesiano, se  $a > 0$  então  $D' = [0, +\infty[$  e se  $a < 0$  então  $D' = ]-\infty, 0]$ .

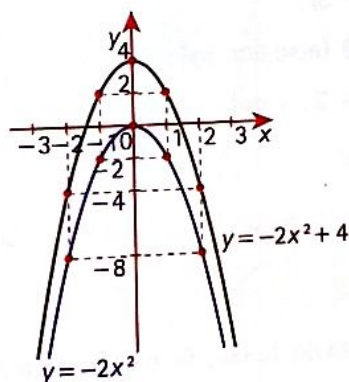


### 1.3. Estudo da função $y = ax^2 + c$ , com $a$ e $c$ não nulos

Representando os gráficos das funções  $y = x^2$  e  $y = x^2 - 3$  no mesmo sistema cartesiano ortogonal, concluímos que  $y = x^2 - 3$  está transladado 3 unidades para baixo relativamente a  $y = x^2$ .



Relativamente às representações gráficas das funções  $y = -2x^2 + 4$  e  $y = -2x^2$  concluímos que  $y = -2x^2 + 4$  está transladado 4 unidades para cima no eixo vertical que  $y = -2x^2$ .



A principal diferença entre as representações gráficas das funções dos tipos  $y = ax^2$  e  $y = ax^2 + c$  com  $a$  e  $c$  não nulos é que este está transladado  $c$  unidades **verticalmente** (para cima se  $c > 0$  e para baixo se  $c < 0$ ) em relação à função  $y = ax^2$ .

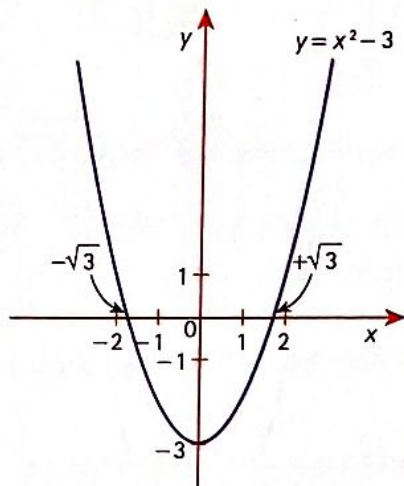
#### Exercício n.º 2

1. Represente graficamente as funções  $y = x^2 - 5$  e  $y = -x^2 + 6$  a partir de  $y = x^2$  num só sistema cartesiano ortogonal.
2. Calcule alguns valores correspondentes de  $x$  e  $y$  para a função  $y = 3x^2$  e represente-a graficamente. De seguida, no mesmo sistema cartesiano ortogonal, trace a representação gráfica da função  $y = 3x^2 + 4$ .



**EXEMPLO:**Faça um estudo da função  $y = x^2 - 3$ .**Resolução**

- Representação gráfica da função  $y = x^2 - 3$ :



- Domínio:  $D = \mathbb{R}$ ;
- Concavidade voltada para cima ( $a > 0$ );
- Zeros da função:  
 $x^2 - 3 = 0 \Leftrightarrow x = \pm\sqrt{3}$   
 Os zeros da função são  $-\sqrt{3}$  e  $\sqrt{3}$ .
- Vértice:  $V \rightarrow (0, -3)$ ;
- Eixo de simetria:  $x = 0$  (eixo dos  $yy$ );
- Contradomínio:  $D' = [-3, +\infty[$
- Monotonia da função:

| $x$ | $]-\infty, 0[$ | $0$  | $]0, +\infty[$ |
|-----|----------------|------|----------------|
| $y$ | $\searrow$     | $-3$ | $\nearrow$     |

A função é **decrescente** de  $]-\infty, 0[$  e **crescente** de  $]0, +\infty[$ .  
 O ponto  $(0, -3)$  é o ponto de mudança da variação da função.

- Variação do sinal da função:

| $x$ | $]-\infty, -\sqrt{3}[$ | $-\sqrt{3}$ | $] -\sqrt{3}, \sqrt{3}[$ | $\sqrt{3}$ | $] \sqrt{3}, +\infty[$ |
|-----|------------------------|-------------|--------------------------|------------|------------------------|
| $y$ | $+$                    | $0$         | $-$                      | $0$        | $+$                    |

O sinal da função é **positivo** nos intervalos de  $]-\infty, -\sqrt{3}[$  e de  $] \sqrt{3}, +\infty[$  e **negativo** no intervalo de  $] -\sqrt{3}, \sqrt{3}[$ .

**Exercício n.º 3**

Faça o estudo das seguintes funções.

a)  $y = x^2 - 4$

b)  $y = -2x^2 + 6$

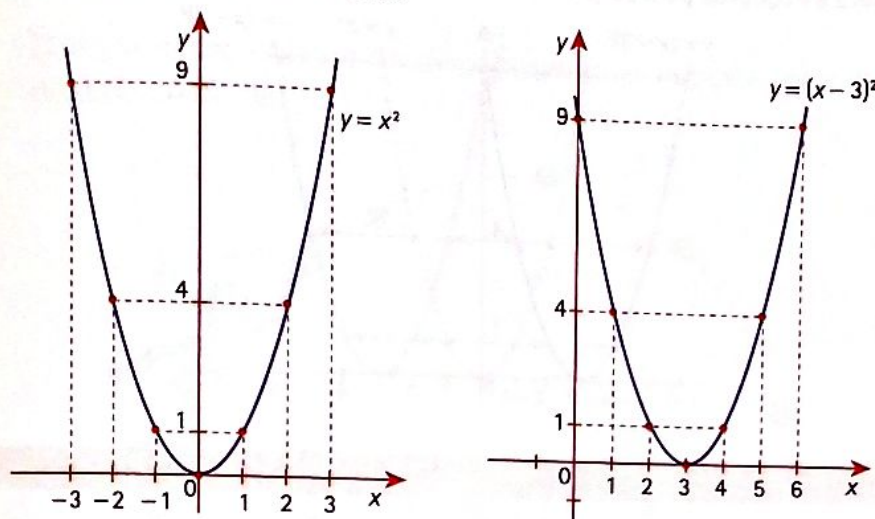
c)  $y = \frac{1}{2}x^2 - 2$



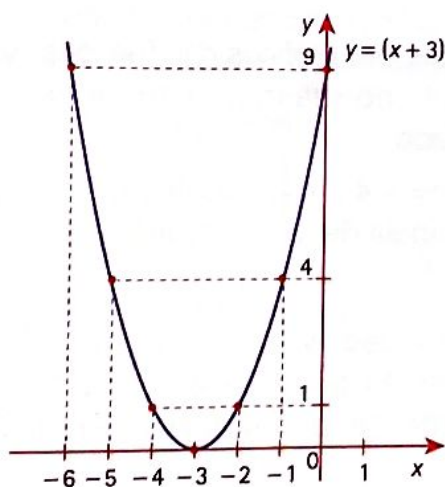
#### 1.4. Representação gráfica da função $y = a(x - p)^2 + c$ a partir de $y = ax^2$ com $a$ não nulo

Consideremos a função  $y = x^2 - 6x + 9 = (x - 3)^2$ .

Comparando as representações gráficas das funções  $y = (x - 3)^2$  e  $y = x^2$ , podemos concluir que a primeira sofre uma deslocação para a direita de 3 unidades.



A representação gráfica da função  $y = x^2 + 6x + 9 = (x + 3)^2$  é a seguinte:



Comparativamente à representação gráfica da função  $y = x^2$ , o gráfico de  $y = (x + 3)^2$  sofre uma deslocação para a esquerda de 3 unidades.

Desta forma, qual a conclusão que podemos tirar sobre o parâmetro " $p$ " nas funções do tipo  $y = a(x - p)^2$ ?

O parâmetro  $p$  na função  $y = a(x - p)^2$ , com  $a \neq 0$ , exprime uma translação horizontal de  $p$  unidades da parábola em comparação com a função  $y = ax^2$ . Se  $p > 0$  então o gráfico desloca-se  $p$  unidades para a direita, se  $p < 0$  então o gráfico desloca-se  $p$  unidades para a esquerda.

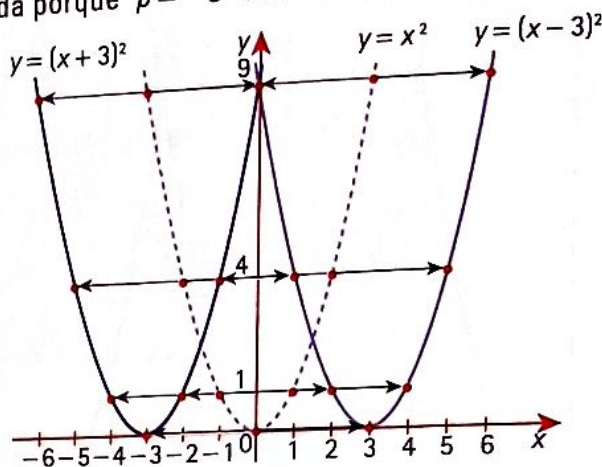


**EXEMPLO:**

A partir do gráfico da função  $y = x^2$ , construa os gráficos de  $y = (x-3)^2$  e  $y = (x+3)^2$ .

**Resolução**

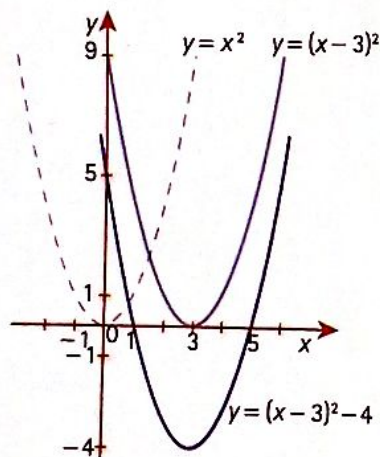
O gráfico da função  $y = (x-3)^2$  desloca-se 3 unidades para a direita porque  $p = 3 > 0$ , enquanto que o de  $y = (x+3)^2 = (x - (-3))^2$  desloca-se 3 unidades para a esquerda porque  $p = -3 < 0$ .

**Exercício n.º 4**

Represente os gráficos das seguintes funções sem o uso da tabela e indique os eixos de simetria.

a)  $y = (x-5)^2$

b)  $y = x^2 + 8x + 16$



As representações dos gráficos das funções  $y = x^2$ ,  $y = (x-3)^2$  e  $y = (x-3)^2 - 4$  no mesmo sistema cartesiano ortogonal encontram-se ao lado.

Para  $p = 3$  e  $c = -4$ , o gráfico da função  $y = x^2$  sofre uma deslocação da parábola de 3 unidades para a direita e 4 unidades para baixo.

O gráfico da função  $y = a(x-p)^2 + c$  com  $a$  não nulo obtém-se a partir do gráfico de  $y = ax^2$  deslocando-o  $c$  unidades na vertical e  $p$  unidades na horizontal.

**EXEMPLO:**

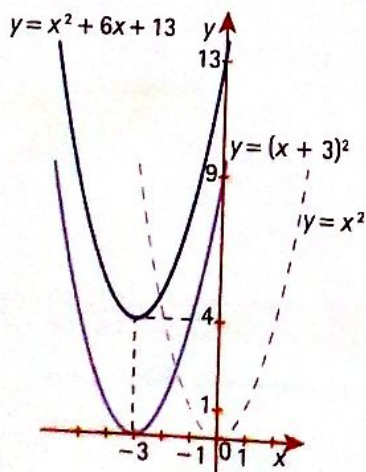
Represente graficamente a função  $y = x^2 + 6x + 13$  e indique o seu domínio, zeros, vértice, eixo de simetria e contradomínio.

**Resolução**

$$y = x^2 + 6x + 13 = x^2 + 6x + \left(\frac{6}{2}\right)^2 - \left(\frac{6}{2}\right)^2 + 13 = x^2 + 6x + 9 - 9 + 13 = (x+3)^2 + 4$$

O gráfico da função  $y = x^2 + 6x + 13 = (x+3)^2 + 4$  obtém-se do gráfico de  $y = x^2$  através de uma deslocação de 3 unidades para a esquerda ( $p = -3$ ) e de 4 unidades para cima, como se pode verificar no gráfico ao lado.

Pela análise do gráfico concluímos que  $D = \mathbb{R}$ , não tem zeros,  $V = (-3, 4)$ , eixo de simetria é  $x = -3$  e que  $D' = [4, +\infty[$ .





## 2. Problemas envolvendo a função quadrática

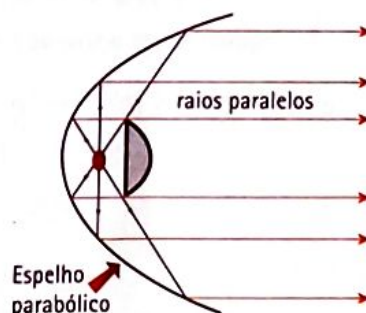
A função quadrática é um modelo matemático muito utilizado nas ciências assim como em inúmeras situações do cotidiano.

De seguida, estão presentes alguns exemplos de aplicação deste tipo de modelo matemático.

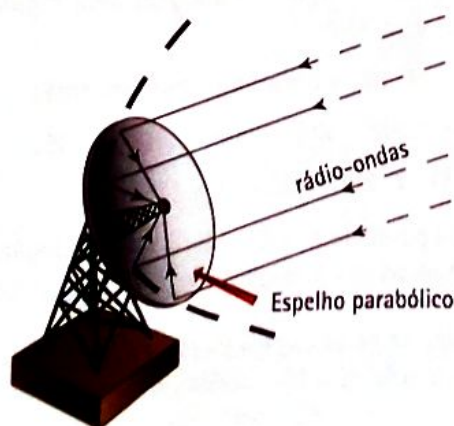
- O lançamento oblíquo de uma pedra pelo ar pode ter a forma de uma parábola.



- O reflector do farol de um carro tem a forma parabólica para reflectir paralelamente os raios da lâmpada.



- Na radioastronomia usam-se grandes espelhos parabólicos para focar as ondas oriundas do Universo.





**EXEMPLO**

Um foguete é lançado verticalmente para o ar. A altitude  $A$ , em metros, que o foguete atinge ao fim de  $t$  segundos é dada por:

$$A(t) = 50t - 5t^2$$

- a) A que altitude está o foguete ao fim de 5 segundos?
- b) Em que instante o foguete atinge o solo?
- c) Determine em que instantes o foguete se encontra a uma altitude igual a 80 metros.
- d) Qual a altitude máxima atingida pelo foguete?
- e) Durante quanto tempo o foguete esteve no ar?

**Resolução**

a)  $A(5) = 50 \times 5 - 5 \times 5^2 = 250 - 125 = 125$

Ao fim de 5 segundos, o foguete está a uma altitude igual a 125 metros.

- b) O foguete atinge o solo para  $A(t) = 0$ . Assim,

$$A(t) = 0 \Leftrightarrow 50t - 5t^2 = 0$$

$$\Leftrightarrow 5t(10 - t) = 0$$

$$\Leftrightarrow 5t = 0 \vee 10 - t = 0$$

$$\Leftrightarrow t = 0 \vee t = 10$$

O foguete atinge o solo ao fim de 10 segundos.

c)  $A(t) = 80 \Leftrightarrow 50t - 5t^2 = 80$

$$\Leftrightarrow -5t^2 + 50t - 80 = 0$$

$$\Leftrightarrow t = \frac{-25 \pm \sqrt{25^2 - (-5) \times (-80)}}{-5}$$

$$\Leftrightarrow t = \frac{-25 \pm 15}{-5}$$

$$\Leftrightarrow t = 2 \vee t = 8$$

O foguete encontra-se a uma altitude de 80 metros ao fim de 2 e 8 segundos.

- d) Para determinar a altitude máxima atingida pelo foguete, necessitamos de calcular o vértice da parábola.

Como  $A(t) = 50t - 5t^2$  não é um produto notável, então:

$$A(t) = -5t^2 + 50t = -5(t^2 - 10t) = -5(t^2 - 10t + 25 - 25) =$$

$$= -5(t - 5)^2 + (-5) \times (-25) = -5(t - 5)^2 + 125$$

Como o vértice da parábola é  $V(5, 125)$ , então o foguete atinge uma altitude máxima de 125 metros aos 5 segundos.

- e) O foguete encontra-se no ar entre o instante inicial,  $t = 0$ , e o instante em que toca novamente o solo,  $t = 10$ . Assim, o projectil esteve no ar durante 10 segundos.



1. A distância ao solo de um helicóptero em função do tempo, em segundos, é dada por:

$$s(t) = \frac{1}{2} g t^2$$

onde  $g$  representa a aceleração de gravidade que se considera igual a  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

- a) Represente graficamente a situação apresentada.
- b) Determine o instante em que o helicóptero lançou uma caixa de alimentos pelo ar sabendo que o fez quando se encontrava a uma distância do solo igual a 300 metros.



2. Lança-se uma flecha para o ar a partir de um ponto situado a 2 metros do solo. Durante o movimento, a distância ao solo,  $h$ , da flecha no instante  $t$  é dada por:

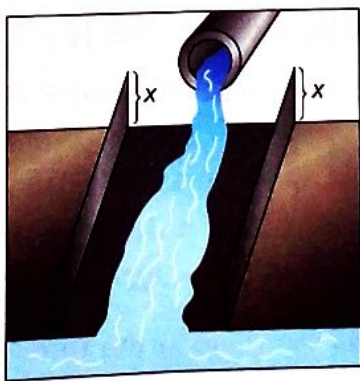
$$h(t) = -5t^2 + 20t + 2$$

As unidades utilizadas são o segundo para o tempo e o metro para a distância ao solo.

- a) Em que momentos a flecha está a uma distância do solo de 2 metros?
- b) Qual a altura máxima atingida pela flecha? Em que instante a atingiu?
- c) A flecha atingirá a altura de 60 metros? Justifique apresentando todos os cálculos.
- d) Quanto tempo esteve a flecha no ar?



3. Pretende-se produzir uma peça para conduzir a água de uma conduta de águas pluviais. Para tal, numa "folha" de metal com 50 cm de largura dobraram-se dois dos seus lados, como mostra a figura seguinte. Para que a quantidade de água transportada seja máxima, qual deve ser o valor de  $x$ ?



4. Um cabo suspenso por dois pilares com a mesma altura faz uma curva com a forma de uma parábola de equação:

$$h(x) = \frac{1}{2} x^2 - 4x + 10$$

onde  $h$  é a altura do cabo ao solo em função de  $x$  que representa, em metros, a distância ao primeiro dos pilares.

- a) Qual é a altura dos pilares e a que distância se encontram um do outro?
- b) Determine a altura mínima do cabo ao chão.



I

Para cada questão são indicadas quatro alternativas, das quais só uma está correcta. Escreva a letra correspondente à alternativa que seleccionar para responder à questão.

1. Acerca da função quadrática  $f(x) = 2x^2 - 4$ , pode-se afirmar que:
  - (A) o vértice da parábola que representa graficamente  $f$  é o ponto de coordenadas  $(2, 4)$ ;
  - (B) a função é negativa em todo o seu domínio;
  - (C) o eixo de simetria é  $x = 2$ ;
  - (D) o contradomínio de  $f$  é  $[-4, +\infty[$ .
2. De uma função quadrática  $h$ , sabe-se que 1 é um zero e que  $(2, 3)$  são as coordenadas do vértice da parábola.  
Então, pode afirmar-se que:
  - (A) o contradomínio da função é  $[3, +\infty[$ ;
  - (B) a concavidade da parábola está voltada para cima;
  - (C)  $h(x) > 0 \Leftrightarrow x \in ]1, 3[$ ;
  - (D) o domínio da função é  $\mathbb{R}^+$ .
3. O João atirou uma bola ao ar com uma velocidade inicial de 30 m/s. A altura dada pela bola ao fim de  $t$  segundos é dada pela expressão  $h(t) = 30t - 4,9t^2$ .  
A bola esteve no ar durante:
 

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| (A) 6,12 s ;          | (B) 6 s ;           |
| (C) mais que 6,12 s ; | (D) menos que 6 s . |
4. A função  $g(x) = a(x - h)^2 - k$  não tem zeros e  $a > 0$ .  
Nestas condições:
 

|               |                  |
|---------------|------------------|
| (A) $k > 0$ ; | (B) $k = 0$ ;    |
| (C) $k < 0$ ; | (D) $k \geq 0$ . |

1. O mod  
a) Co

b) Re

2. Faça

a)  $y =$

c)  $y =$

3. Repre  
seguir

a) Qu

b) Qu

c) Qu

d) Em

e) Em

4. Na fig

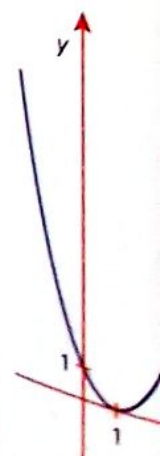
$y = x^2$

Descr

fico de

5. As fig

drática



Gráfico

Indique

a) o se

c) a ex



## II

1. O modelo matemático do arco de uma ponte é dado por  $y = -\frac{1}{2}x^2$ .

a) Complete a seguinte tabela.

| x | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
|---|----|----|----|---|---|---|---|
| y |    |    |    |   |   |   |   |

b) Represente graficamente a função para  $-3 \leq x \leq 3$ .



2. Faça um estudo das funções seguintes.

a)  $y = (x - 4)^2 + 2$

b)  $y = (x + 7)^2 - 1$

c)  $y = x^2 + 12x + 33$

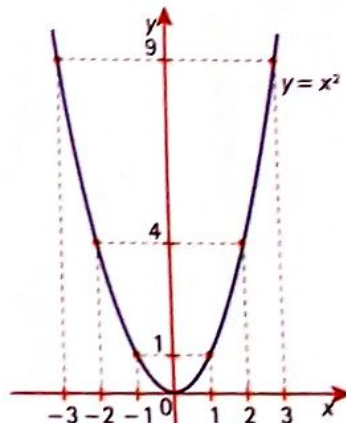
d)  $y = x^2 - 20x + 105$

3. Represente graficamente a função  $y = (x + 2)^2 - 4$  e responda às seguintes perguntas.

- Qual o eixo de simetria da parábola?
- Quais as coordenadas do vértice da função?
- Qual o contradomínio da função?
- Em que intervalo é que a função é crescente?
- Em que intervalo é que o sinal da função é negativo?

4. Na figura ao lado, está uma representação gráfica da função  $y = x^2$ .

Descreva como pode, partindo do gráfico da figura, obter o gráfico de  $y = -2x^2 + 2$ .



5. As figuras mostram representações gráficas de três funções quadráticas.

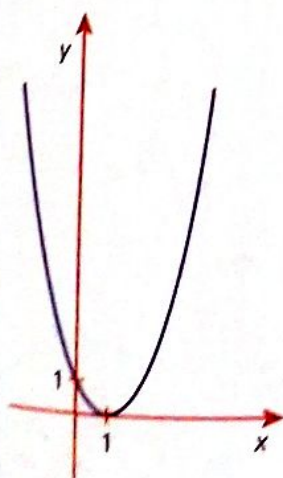


Gráfico A

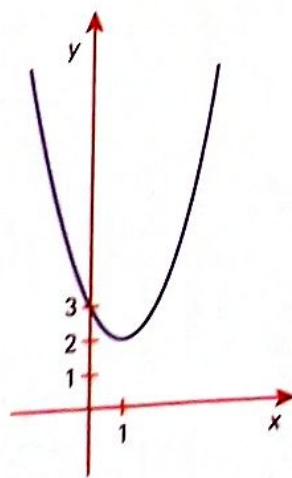


Gráfico B

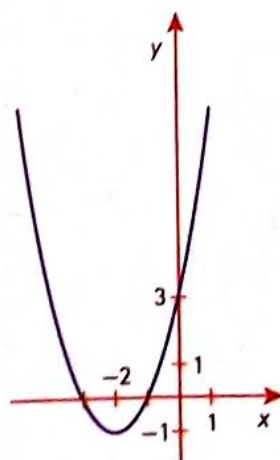


Gráfico C

Indique, para cada uma das funções:

- o seu eixo de simetria;
- as coordenadas do vértice;
- a expressão analítica.







# 6

# QUADRILÁTEROS

1.

QUADRILÁTEROS

2.

CONCEITOS E PROPRIEDADES DOS QUADRILÁTEROS



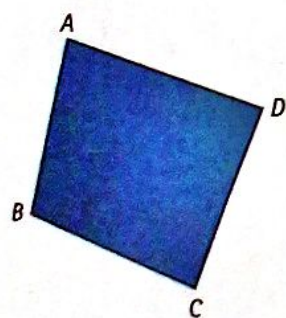
# 6

## QUADRILÁTEROS

### 1. Quadriláteros

#### 1.1. Noção de quadrilátero

Os quadriláteros são polígonos com quatro lados. No nosso quotidiano, encontramos vários exemplos de quadriláteros: numa porta, numa capa de um CD, numa janela, no vidro de um carro, no ecrã de um televisor e de um computador, etc.



Os elementos de um quadrilátero  $[ABCD]$  são:

- os vértices:  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$ ;
- os lados:  $[AB]$ ,  $[BC]$ ,  $[CD]$  e  $[AD]$ ;
- os ângulos internos ou, simplesmente, ângulos:  $\angle BAD$ ,  $\angle CBA$ ,  $\angle DCB$  e  $\angle ADC$ .

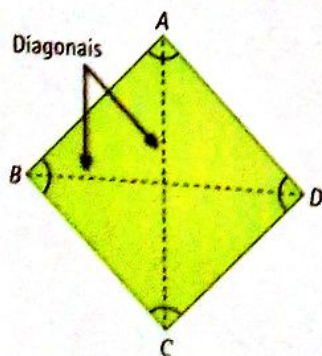
Num quadrilátero, dois **lados** ou dois **ângulos** não consecutivos são chamados **opostos**, caso contrário dizem-se **adjacentes**.

No quadrilátero  $[ABCD]$  mencionado, podemos verificar que:

- os lados opostos são:  $[AB]$  e  $[CD]$ ;  $[BC]$  e  $[AD]$ ;
- os ângulos opostos são:  $\angle BAD$  e  $\angle DCB$ ;  $\angle CBA$  e  $\angle ADC$ ;
- os ângulos adjacentes são:  $\angle BAD$  e  $\angle CBA$ ;  $\angle CBA$  e  $\angle DCB$ ;  $\angle DCB$  e  $\angle ADC$ ;  $\angle ADC$  e  $\angle BAD$ .

Unindo os vértices  $A$  a  $C$  e  $B$  a  $D$  da figura ao lado, obtemos os segmentos de recta  $[AC]$  e  $[BD]$  que se designam por **diagonais**.

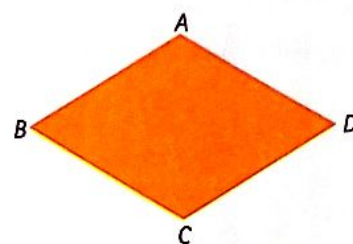
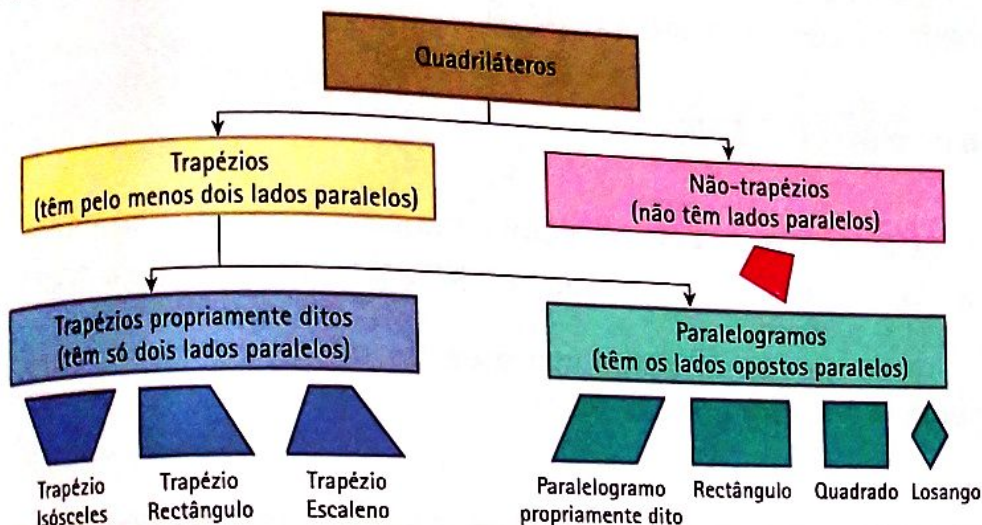
Todo o quadrilátero tem quatro vértices, quatro lados, quatro ângulos e duas diagonais.



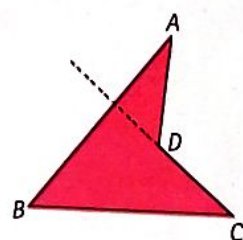


## 1.2. Classificação de quadriláteros

Os quadriláteros classificam-se em trapézios e não-trapézios. Os trapézios subdividem-se em trapézios propriamente ditos e em paralelogramos.



Quadrilátero convexo



Quadrilátero côncavo

Em qualquer trapézio, pelo menos dois lados são paralelos e em qualquer paralelogramo os lados opostos são paralelos.

Os quadriláteros classificam-se em convexos ou côncavos.

Se o prolongamento dos lados de um quadrilátero não o intersectar, então diz-se que o quadrilátero é **convexo**, caso contrário, designa-se por **côncavo**.

### Exercício n.º 1

Entre as figuras seguintes, escolha as que representam quadriláteros e divida-os por grupos, de acordo com as seguintes instruções:

The exercise shows 16 numbered shapes for classification:

- Grupo dos não-trapézios:** Shapes 1 (concave quadrilateral), 7 (rectangle), 15 (concave pentagon), 16 (circle).
- Grupo dos trapézios:** Shapes 2 (trapezoid), 3 (parallelogram), 4 (parallelogram), 5 (trapezoid), 6 (parallelogram), 8 (rectangle), 9 (rectangle), 10 (rhombus), 11 (hexagon), 12 (triangle), 13 (rhombus), 14 (trapezoid).
- Grupo dos não-paralelogramos:** Shapes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.



### 1.3. Ângulos internos de um quadrilátero

Consideremos o quadrilátero convexo ao lado dividido em dois triângulos por uma diagonal.

Como a soma dos ângulos internos de um triângulo é igual a  $180^\circ$ , então, no triângulo  $[ABD]$ ,

$$a + b_1 + d_1 = 180^\circ$$

e no triângulo  $[BCD]$ ,

$$c + b_2 + d_2 = 180^\circ.$$

Adicionando as duas relações anteriores membro a membro:

$$a + b_1 + d_1 + c + b_2 + d_2 = 180^\circ + 180^\circ \Leftrightarrow a + b + c + d = 360^\circ.$$

**A soma dos ângulos internos de um quadrilátero convexo é sempre igual a  $360^\circ$ .**

#### EXEMPLO:

Determine a amplitude dos ângulos do quadrilátero representado ao lado.

#### Resolução

Como o quadrilátero é convexo, a soma dos ângulos internos é igual a  $360^\circ$ , pelo que:

$$120^\circ + x + x + 100^\circ + 80^\circ = 360^\circ \Leftrightarrow 2x = 60^\circ \Leftrightarrow x = \frac{60^\circ}{2} \Leftrightarrow x = 30^\circ.$$

Assim,  $\hat{B}\hat{A}\hat{D} = 120^\circ$ ,  $\hat{C}\hat{B}\hat{A} = 30^\circ$ ,  $\hat{D}\hat{C}\hat{B} = 130^\circ$  e  $\hat{A}\hat{D}\hat{C} = 80^\circ$ .

## 2. Conceitos e propriedades dos quadriláteros

**Um trapézio propriamente dito é um quadrilátero que apresenta apenas dois lados paralelos chamados bases.**

Os trapézios propriamente ditos classificam-se em:

a) **Trapézio rectângulo:** apresenta dois ângulos rectos.

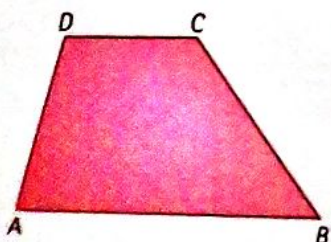
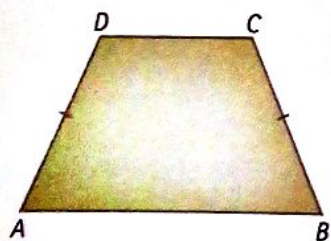
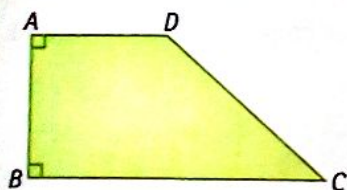
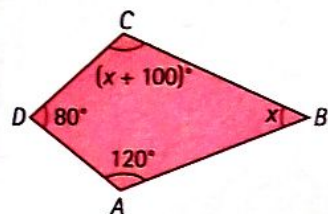
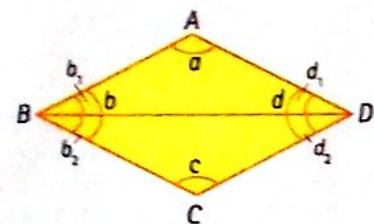
No trapézio rectângulo apresentado ao lado,  $[AD] \parallel [BC]$ ,  $\hat{B}\hat{A}\hat{D} = \hat{C}\hat{B}\hat{A} = 90^\circ$  e  $[AB]$  representa a altura do trapézio.

b) **Trapézio isósceles:** os lados não paralelos são congruentes.

No trapézio isósceles apresentado ao lado,  $[AB] \parallel [DC]$  e  $\overline{AD} = \overline{BC}$ .

c) **Trapézio escaleno:** os lados não paralelos não são congruentes.

No trapézio escaleno apresentado ao lado,  $[AB] \parallel [DC]$  e  $\overline{AD} \neq \overline{BC}$ .





## 21. Propriedades dos trapézios isósceles

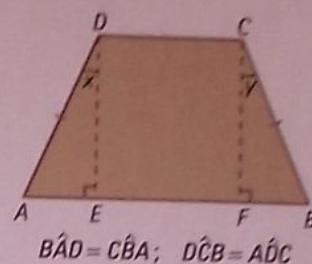
6. QUADRILÁTEROS

### Propriedade 1

Num trapézio isósceles, os ângulos da base são congruentes.

Justificação:

| Passos |                                     | Justificação                                                          |
|--------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 1      | $DE = CF$                           | Altura do trapézio                                                    |
| 2      | $AD = BC$                           | Definição de trapézio isósceles                                       |
| 3      | $AE = FB$                           | Consequência dos passos anteriores                                    |
| 4      | $\triangle AED \cong \triangle BFC$ | Critério de congruência LLL                                           |
| 5      | $\hat{B}AD = \hat{C}BA$             | Ângulos correspondentes em triângulos congruentes                     |
| 6      | $\hat{D}CB = \hat{A}DC$             | $\hat{D}CB = (\gamma + 90)^\circ$ ; $\hat{A}DC = (\alpha + 90)^\circ$ |



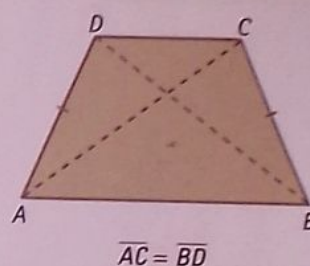
### Propriedade 2

Num trapézio isósceles, as diagonais são congruentes.

Justificação:

Consideremos os triângulos  $[ABD]$  e  $[ABC]$  do trapézio  $[ABCD]$ .

| Passos |                                         | Justificação                                    |
|--------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1      | $B\hat{A}D = C\hat{B}A$                 | Propriedade 1                                   |
| 2      | $\overline{AB} = \overline{AB}$         | Lado comum aos triângulos $[ABD]$ e $[ABC]$     |
| 3      | $\overline{AD} = \overline{BC}$         | Definição de trapézio isósceles                 |
| 4      | $\triangle [ABD] \cong \triangle [ABC]$ | Critério de congruência LAL                     |
| 5      | $\overline{AC} = \overline{BD}$         | Lados correspondentes em triângulos congruentes |



### EXEMPLOS:

- Num trapézio isósceles, os ângulos de uma base são três vezes maior que os ângulos da outra base. Determine a amplitude de cada um dos ângulos do trapézio.
- Num trapézio isósceles, os ângulos adjacentes da base menor são representados por  $(2x + 20)^\circ$  e  $(3x - 30)^\circ$ . Determine a amplitude de cada um dos ângulos do trapézio.

Resolução

- Seja  $[ABCD]$  um trapézio isósceles tal que  $B\hat{A}D = C\hat{B}A = x$  e  $D\hat{C}B = C\hat{D}A = 3x$ .

Como se trata de um polígono convexo,

$$x + x + 3x + 3x = 360^\circ \Leftrightarrow 8x = 360^\circ \Leftrightarrow x = \frac{360^\circ}{8} \Leftrightarrow x = 45^\circ.$$

Assim, as amplitudes dos ângulos do trapézio são:

$$B\hat{A}D = C\hat{B}A = 45^\circ \text{ e } D\hat{C}B = C\hat{D}A = 135^\circ.$$

- Consideremos o trapézio isósceles  $[ABCD]$  tal que  $D\hat{C}B = (2x + 20)^\circ$  e  $A\hat{D}C = (3x - 30)^\circ$ . Pela propriedade 1:

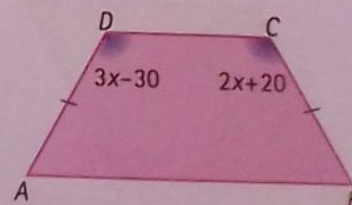
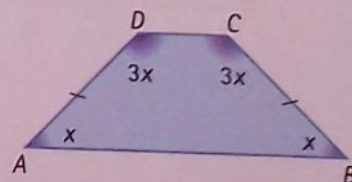
$$3x - 30 = 2x + 20 \Leftrightarrow 3x - 2x = 30 + 20 \Leftrightarrow x = 50.$$

Assim,  $D\hat{C}B = A\hat{D}C = 2 \times 50 + 20 = 120^\circ$ .

Como num trapézio isósceles,  $B\hat{A}D = C\hat{B}A$  e a soma dos ângulos internos é igual a  $360^\circ$ :

$$B\hat{A}D + C\hat{B}A + D\hat{C}B + A\hat{D}C = 360 \Leftrightarrow 2B\hat{A}D + 240 = 360 \Leftrightarrow B\hat{A}D = \frac{120}{2} \Leftrightarrow B\hat{A}D = 60^\circ.$$

Assim,  $B\hat{A}D = C\hat{B}A = 60^\circ$ .

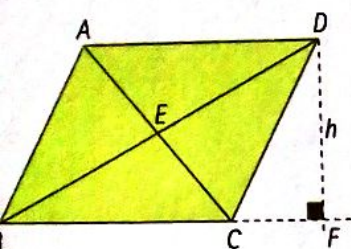




## 2.2. Propriedades dos paralelogramos

Um **paralelogramo** é um quadrilátero que tem os lados opostos paralelos dois a dois.

No paralelogramo representado ao lado, as diagonais são  $[AC]$  e  $[BD]$  e a altura é  $h$ .



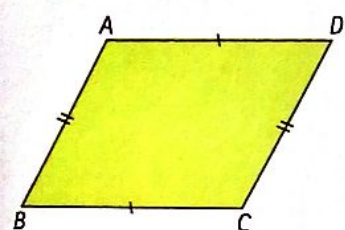
### Propriedades dos paralelogramos

#### Propriedade 1

Os lados opostos de um paralelogramo são congruentes.

Justificação:

Consideremos o paralelogramo representado ao lado. Pretende-se mostrar que  $\overline{AB} = \overline{DC}$  e  $\overline{BC} = \overline{AD}$ .



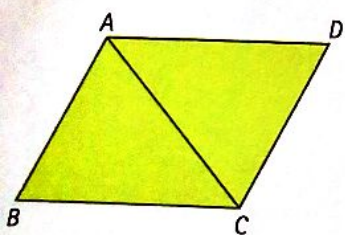
| Passos | Justificação                    |
|--------|---------------------------------|
| 1      | $\overline{AB} = \overline{DC}$ |
| 2      | $\overline{BC} = \overline{AD}$ |

#### Propriedade 2

Cada diagonal do paralelogramo divide-o em dois triângulos congruentes.

Justificação:

Consideremos o paralelogramo representado ao lado, dividido pela diagonal  $[AC]$ . Pretendemos mostrar que  $\Delta[ABC] \cong \Delta[CDA]$ .



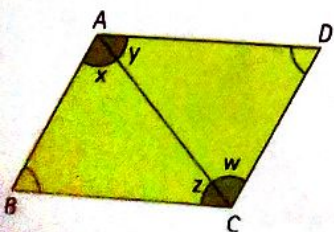
| Passos | Justificação                    |
|--------|---------------------------------|
| 1      | $\overline{AB} = \overline{DC}$ |
| 2      | $\overline{AD} = \overline{BC}$ |
| 3      | $\overline{AC} = \overline{AC}$ |
| 4      | $\Delta[ABC] \cong \Delta[CDA]$ |

#### Propriedade 3

Os ângulos opostos de um paralelogramo são congruentes.

Justificação:

Consideremos o paralelogramo representado ao lado onde  $[AC]$  é uma das suas diagonais. Pretendemos mostrar que  $\hat{B}\hat{A}\hat{D} = \hat{D}\hat{C}\hat{B}$  e  $\hat{C}\hat{B}\hat{A} = \hat{A}\hat{D}\hat{C}$ .





| Passos                            | Justificação                                      |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1 $\Delta[ABC] \cong \Delta[CDA]$ | Propriedade 2                                     |
| 2 $\widehat{CBA} = \widehat{ADC}$ | Ângulos correspondentes em triângulos congruentes |
| 3 $x = w$ e $z = y$               | Ângulos de lados paralelos                        |
| 4 $x + y = z + w$                 | Consequência do ponto anterior                    |
| 5 $\widehat{BAD} = \widehat{DCB}$ | $x + y = \widehat{BAD}$ e $z + w = \widehat{DCB}$ |

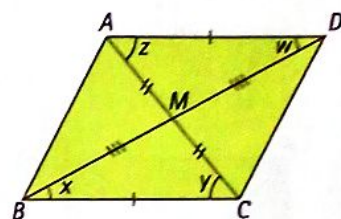
### Propriedade 4

As diagonais de um paralelogramo bissectam-se (cortam-se ao meio).

Justificação:

Consideremos o paralelogramo representado ao lado onde  $[AC]$  e  $[BD]$  são as suas diagonais. Pretendemos mostrar que  $\overline{AM} = \overline{MC}$  e  $\overline{BM} = \overline{MD}$ .

| Passos                                                              | Justificação                                    |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1 $y = z$                                                           | Ângulos de lados paralelos                      |
| 2 $\overline{AD} = \overline{BC}$                                   | Propriedade 1                                   |
| 3 $x = w$                                                           | Ângulos de lados paralelos                      |
| 4 $\Delta[AMD] \cong \Delta[CMB]$                                   | Crítério de congruência ALA                     |
| 5 $\overline{AM} = \overline{MC}$ e $\overline{BM} = \overline{MD}$ | Lados correspondentes em triângulos congruentes |



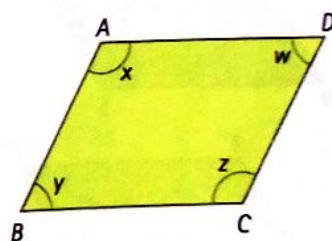
### Propriedade 5

Num paralelogramo, a soma dos ângulos adjacentes é  $180^\circ$  (ângulos adjacentes suplementares).

Justificação:

Consideremos o paralelogramo representado ao lado. Pretendemos mostrar que  $\widehat{BAD} + \widehat{CBA} = 180^\circ$  e  $\widehat{DCB} + \widehat{ADC} = 180^\circ$ .

| Passos                                                | Justificação                                 |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1 $x + y + z + w = 360^\circ$                         | Soma dos ângulos internos de um quadrilátero |
| 2 $x = z$ e $y = w$                                   | Propriedade 3                                |
| 3 $x + y = \widehat{BAD} = \widehat{CBA} = 180^\circ$ | Simplificação do passo 1                     |



De forma análoga, mostra-se que  $\widehat{DCB} + \widehat{ADC} = 180^\circ$ .

Num paralelogramo:

- os lados opostos são congruentes;
- cada diagonal divide-o em dois triângulos congruentes;
- os ângulos opostos são congruentes;
- as diagonais bissectam-se (cortam-se ao meio);
- os ângulos adjacentes são suplementares.



Os paralelogramos a destacar são os **rectângulos**, os **losangos** e os **quadrados**.

Um **rectângulo** é um paralelogramo em que os quatro ângulos são congruentes e iguais a  $90^\circ$ .

No rectângulo representado ao lado:

- $\overline{AC} = \overline{BD}$ ;
- $\widehat{BAD} = \widehat{CBA} = \widehat{DCB} = \widehat{ADC} = 90^\circ$ .

Um **losango** é um paralelogramo em que os quatro lados são congruentes.

No losango representado ao lado:

- $\overline{AB} = \overline{BC} = \overline{CD} = \overline{DA}$ ;
- $[AC] \perp [BD]$ .

Um **quadrado** é um paralelogramo em que os quatro lados são congruentes e os quatro ângulos são iguais a  $90^\circ$ .

No quadrado representado ao lado:

- $[AC] \perp [BD]$  e  $\overline{AC} = \overline{BD}$ ;
- $\overline{AB} = \overline{BC} = \overline{CD} = \overline{AD}$ ;
- $\widehat{BAD} = \widehat{CBA} = \widehat{DCB} = \widehat{ADC} = 90^\circ$ .

**Note que:** O quadrado é o único quadrilátero regular que é, simultaneamente, rectângulo e losango.

#### EXEMPLOS:

1. Determine as medidas dos ângulos internos do paralelogramo  $[RSTU]$  da figura ao lado.
2. Considere o paralelogramo  $[ABCD]$  ao lado e justifique as seguintes afirmações.
  - a)  $\overline{BC} = \overline{AD}$
  - b)  $b = a$  e  $c = d$ .
  - c)  $\triangle [BEC] \cong \triangle [DEA]$
  - d)  $\overline{BE} = \overline{ED}$  e  $\overline{CE} = \overline{EA}$ .

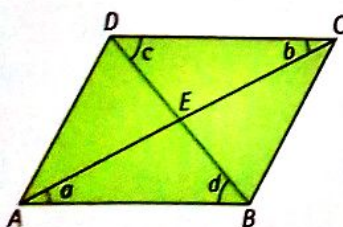
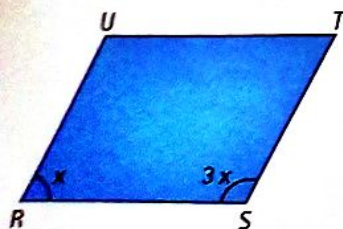
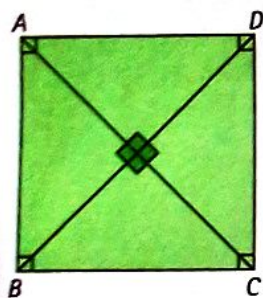
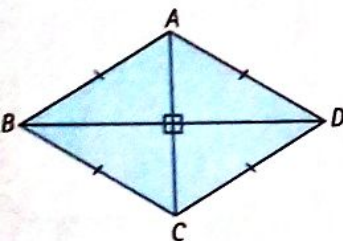
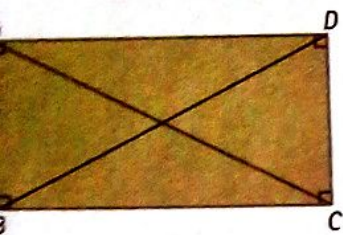
#### Resolução

1. Pela propriedade 5 dos paralelogramos, os ângulos adjacentes são suplementares, pelo que:

$$x + 3x = 180^\circ \Leftrightarrow 4x = 180^\circ \Leftrightarrow x = \frac{180^\circ}{4} \Leftrightarrow x = 45^\circ.$$

Assim, os ângulos internos do paralelogramo têm de amplitude:  $\widehat{S\hat{U}} = \widehat{U\hat{T}} = 45^\circ$  e  $\widehat{T\hat{S}R} = \widehat{R\hat{U}T} = 135^\circ$ .

2. a) Os lados opostos de um paralelogramo são congruentes (propriedade 1).  
 b) Os ângulos alternos internos determinados em lados paralelos são iguais.  
 c) Os triângulos são congruentes pelo critério ALA, porque  $\overline{AD} = \overline{BC}$ ,  $\widehat{EAD} = \widehat{BCE}$  e  $\widehat{EDA} = \widehat{CBE}$ .  
 d) São lados de triângulos congruentes ou, por outro lado, pela propriedade 4 dos paralelogramos.



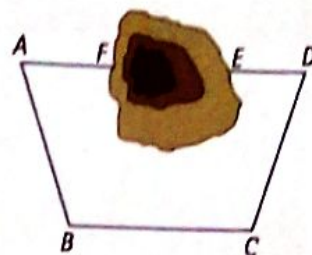


1. Num quadrilátero  $[ABCD]$ ,  $\widehat{BAD} + \widehat{DCB} = 210^\circ$  e  $\widehat{CBA} = \frac{5}{7} \widehat{DCB}$ . Determine a amplitude dos ângulos internos do quadrilátero.
2. Num trapézio isósceles, um dos ângulos é 5 vezes maior que outro ângulo. Determine a amplitude de cada um dos ângulos do trapézio.

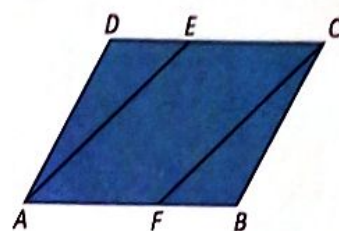
3. Pretende-se abrir um túnel numa montanha de  $A$  para  $D$ , tendo sido determinada a direcção  $AF$  de tal forma que o seu prolongamento passa por  $D$ .  
No entanto, pretendendo-se também trabalhar de  $D$  para  $A$ , determinaram-se as seguintes amplitudes:

$$\widehat{BAF} = 82^\circ, \widehat{CBA} = 98^\circ \text{ e } \widehat{DCB} = 112^\circ.$$

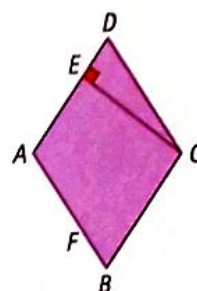
Qual a amplitude do ângulo  $EDC$  para que o prolongamento de  $DE$  passe por  $A$ ?



4. Considere o paralelogramo  $[ABCD]$  representado ao lado.  
Se  $\widehat{EAD} = 31^\circ$  e  $\widehat{AEC} = 130^\circ$ , determine a amplitude de cada um dos ângulos.



5. A soma de dois ângulos opostos de um paralelogramo é  $118^\circ$ .  
Qual a amplitude de cada um dos ângulos do paralelogramo?
6. No losango  $[ABCD]$  representado ao lado,  $[CE] \perp [AD]$  e  $\widehat{DCE} = 20^\circ$ . Determine a amplitude de cada um dos ângulos do losango.



### 2.3. Construção de paralelogramos

É possível construir um paralelogramo se forem dadas, por exemplo, as seguintes condições:

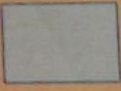
- os comprimentos de dois lados consecutivos e o ângulo por eles formado;
- os comprimentos de dois lados consecutivos e o de uma diagonal;
- os comprimentos das diagonais e um ângulo determinado por elas.

#### Exercício n.º 3

1. Desenhe um paralelogramo  $[ABCD]$  tal que  $\overline{AB} = 3 \text{ cm}$ ,  $\overline{BC} = 2 \text{ cm}$  e  $\overline{AC} = 4 \text{ cm}$ .
2. Desenhe um paralelogramo  $[XYZW]$  tal que  $\overline{XY} = 8 \text{ cm}$ ,  $\overline{YZ} = 3 \text{ cm}$  e  $\widehat{XW} = 62^\circ$ .
3. Construa um losango em que as suas diagonais meçam  $6 \text{ cm}$  e  $4 \text{ cm}$ .
4. Construa um rectângulo em que as diagonais tenham  $6 \text{ cm}$  de comprimento e formem um ângulo de  $55^\circ$ .
5. Construa um quadrado em que as diagonais tenham  $4 \text{ cm}$  de comprimento.



## 1. Complete a seguinte tabela.

| Quadriláteros                                                                      | Propriedades            |                      |                     |                       |                  |                                         |                           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-----------------------------------------|---------------------------|
|                                                                                    | Lados opostos paralelos | Lados opostos iguais | Quatro lados iguais | Quatro ângulos rectos | Diagonais iguais | Diagonais intersectam-se no ponto médio | Diagonais perpendiculares |
|    |                         |                      |                     |                       |                  |                                         |                           |
|   |                         |                      |                     |                       |                  |                                         |                           |
|  |                         |                      |                     |                       |                  |                                         |                           |
|  |                         |                      |                     |                       |                  |                                         |                           |
|  |                         |                      |                     |                       |                  |                                         |                           |

## 2. Para cada questão, são indicadas quatro alternativas de resposta, mas somente uma está correcta. Selecciona a letra correspondente à alternativa correcta.

a) Um losango é um:

(A) rectângulo;

(B) paralelogramo;

(C) não-trapézio;

(D) quadrado.

b) O quadrilátero cujas diagonais são iguais e formam com os lados dois triângulos congruentes e dois não congruentes é o:

(A) trapézio rectângulo;

(B) rectângulo;

(C) trapézio isósceles;

(D) paralelogramo.



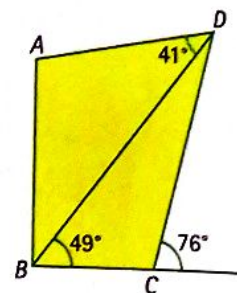
c) Um retângulo tem as diagonais:

- (A) perpendiculares;  
(B) paralelas;  
(C) oblíquas;  
(D) desiguais.

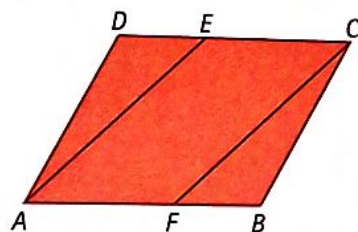
d) O quadrilátero  $[ABCD]$  em que  $\overline{AB} = \overline{CD} = 8 \text{ cm}$  e  $\overline{BC} = \overline{AD} = 6 \text{ cm}$  é sempre um:

- (A) losango;  
(B) paralelogramo;  
(C) trapézio;  
(D) quadrado.

3. Determine a amplitude de cada um dos ângulos do quadrilátero representado ao lado sabendo que  $[AB] \perp [BC]$ .



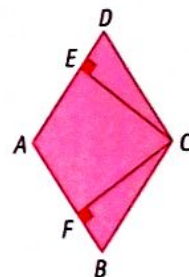
4. Se a figura  $[ABCD]$  for um paralelogramo,  $[AE] \parallel [CF]$  e  $\hat{AEC} = 138^\circ$ , calcule a amplitude do ângulo  $BFC$ .



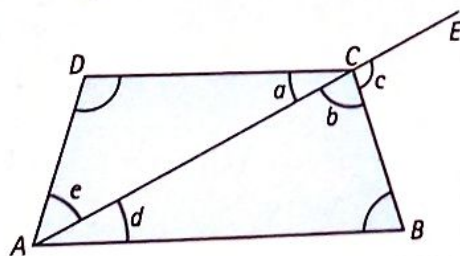
5. Consideremos o losango  $[ABCD]$  tal que  $[CE] \perp [AD]$  e  $[CF] \perp [AB]$ .

Qual a relação das amplitudes dos ângulos seguintes?

- a)  $\hat{ECF}$  e  $\hat{BAD}$ ;                      b)  $\hat{ECF}$  e  $\hat{CBA}$ .



6. Observe a figura seguinte.



a) Se  $[ABCD]$  for um trapézio isósceles,  $c = 80^\circ$  e  $d = 20^\circ$ , qual a amplitude de cada um dos ângulos do trapézio?

b) Se  $[ABCD]$  for um trapézio escaleno,  $e = 60^\circ$ ,  $\hat{ADC} = 110^\circ$  e  $[CB] \perp [AE]$ , qual a amplitude de cada um dos ângulos do trapézio?

c) Se  $[ABCD]$  é um trapézio em que  $\hat{CBA} = 60^\circ$ ,  $c = 85^\circ$  e  $\hat{ADC} = 130^\circ$ , qual a amplitude do ângulo  $e$ ?







# 7

## NOÇÕES BÁSICAS DE ESTATÍSTICA

1.  
ESTATÍSTICA

2.  
RECOLHA, ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DE  
DADOS ESTATÍSTICOS

3.  
MEDIDAS DE TENDÊNCIA CENTRAL



# 7

## NOÇÕES BÁSICAS DE ESTATÍSTICA



### 1. Estatística

#### 1.1. Objecto da Estatística e breve nota histórica sobre a sua evolução na vida moderna

A Estatística é uma ciência responsável por recolher, organizar e analisar a informação, permitindo tirar conclusões e prever acontecimentos futuros com mais segurança.

Todos os dias somos confrontados com informações que são transmitidas utilizando instrumentos próprios da Estatística, tais como tabelas e gráficos, pelo que é necessário estarmos aptos a saber ler e interpretar, assim como a utilizar convenientemente essas formas de partilhar as informações.

Até 1900, a Estatística resumia-se ao que hoje em dia se chama Análise de Dados. Apesar de tudo, esta ciência deu contribuições muito positivas em várias áreas científicas, tais como Física, Biologia, Medicina, Pedagogia, Geografia, etc.

Devido às facilidades computacionais e ao avanço tecnológico das últimas décadas, os estatísticos têm vindo a desenvolver novos métodos de análise e exploração de dados permitindo cada vez mais e melhor "deixar os dados falar por si" como mencionou o norte-americano John Tukey (1915-2000) nas suas contribuições para a evolução das representações gráficas em Estatística.

#### 1.2. Conceito de população e amostra

Como em todas as ciências, a Estatística utiliza uma linguagem própria pelo que há necessidade de conhecer conceitos como, por exemplo, população, amostra e variável estatística.

Consideremos as seguintes situações.

1. O professor de Educação Física pretende formar uma equipa de futebol para representar a sua escola. Para tal, irá escolher os melhores jogadores das várias turmas para formar a equipa.

#### UM POUCO DE HISTÓRICA...

Em 1749, o professor Gottfried Achenwall da Universidade de Gottingen, Alemanha, usou pela primeira vez a palavra "estatística" que deriva da palavra latina "statu" que significa "estado".

Achenwall definiu a Estatística como "a ciência das coisas que pertencem ao Estado", pois "ela ocupa-se dos fenómenos que podem favorecer ou defender a propriedade do Estado".

Os governantes das civilizações antigas realizaram as primeiras estatísticas para obter conhecimento dos bens que o Estado possuía e como estavam distribuídos pela população. No Egito, por exemplo, efectuou-se um estudo estatístico para obter informação sobre a disponibilidade de recursos humanos e económicos existentes para a construção das pirâmides.



Neste exemplo, os alunos que jogam futebol de todas as turmas constituem a **população** e os que forem escolhidos para formar a equipa constituem a **amostra**.

2. Para se saber qual o canal da televisão mais visto realizou-se um inquérito incidindo não em toda a população moçambicana, mas num grupo restrito de pessoas. A **população** é formada por todos os moçambicanos que possuem um aparelho de televisão e a **amostra** é o grupo de pessoas inquiridas.



Num estudo estatístico, a **população** é um conjunto de pessoas, objectos ou acontecimentos com uma característica em comum, enquanto que a **amostra** é um subconjunto finito da população.

Cada estudo estatístico é efectuado para atingir um certo objectivo determinando a realização do estudo sobre a população ou amostra relativamente a uma variável.

Imaginemos que para a formação da equipa de basquetebol da escola, o Director informou que o professor de Educação Física deveria escolher os alunos mais altos. Neste exemplo, a altura será determinante para a escolha dos elementos da equipa. Esta característica que se usou neste exemplo designa-se por **variável estatística**.

Por exemplo, num conjunto de alunos de uma turma podemos observar muitas características ou variáveis, tais como: cor dos olhos, altura, número de irmãos, idade, sexo, distância de casa à escola, etc.

As variáveis observadas podem ser **qualitativas** ou **quantitativas**.

As **variáveis qualitativas** estão relacionadas com uma qualidade, categoria ou característica não mensurável.

#### EXEMPLO:

A cor dos olhos, a profissão e o curso que um aluno pretende tirar são exemplos de variáveis estatísticas qualitativas.

As **variáveis quantitativas** são variáveis onde é possível atribuir uma medida e apresentam-se sob a forma de dados numéricos.

#### EXEMPLO:

A altura dos jogadores de uma equipa, a idade dos alunos de uma turma e a avaliação na disciplina de Matemática são exemplos de variáveis estatísticas quantitativas.



### Exercício n.º 1

Num universo de 3000 habitantes de uma cidade, seleccionaram-se, ao acaso, 2000 para serem inquiridos sobre o canal de televisão preferido. Os resultados obtidos estão indicados na seguinte tabela.

| Canal preferido | N.º de pessoas |
|-----------------|----------------|
| TVM             | 800            |
| STV             | 400            |
| MIRAMAR         | 350            |
| RTP             | 250            |
| TIM             | 200            |

Indique a população, a amostra e a variável em estudo e sua classificação.

2. Um camponês de Manhiça pretende estabelecer o preço de venda da banana. Para tal, escolheu 10 cachos de bananas e determinou o seu peso médio.

Escolha a resposta correcta em cada alínea.

a) A população em estudo:

(A) é o peso de todas as bananas.

(B) são dez cachos de bananas.

• (C) são todas as bananas seleccionadas para venda.

(D) não existe.

b) A variável estatística:

(A) é a cor das bananas.

(B) são os dez cachos de bananas.

(C) são as bananas.

• (D) é o peso de cada banana.

3. Classifique as seguintes variáveis estatísticas.

a) O peso de um bebé.

b) A cor dos olhos de um gato.

c) O número de cães vacinados.

d) O comportamento de um aluno.

## 2. Recolha, organização e apresentação de dados estatísticos

### 2.1. Recolha e organização de dados estatísticos

A primeira etapa de um estudo estatístico é a **recolha dos dados** que pode ser feita através de um questionário, observação directa ou por uma pesquisa bibliográfica.

Posteriormente, procede-se à **organização dos dados** recolhidos que consiste na contagem e agrupamento dos dados de modo a facilitar a sua leitura e compreensão da situação em estudo.

Numa terceira etapa, a **apresentação dos dados** pode ser feita de duas formas diferentes que podem ser apresentados em simultâneo: por tabelas e por gráficos que permitem sintetizar grandes quantidades de dados, tornando mais fácil a sua compreensão e uma futura análise.



# EXEMPLO:

As classificações do teste de Matemática obtidas pela turma A da 9.ª classe da Escola Secundária Samora Machel foram as seguintes:

8 10 9 19 7 9 8 18 8 10 7 12  
 8 14 6 16 16 15 10 11 13 10 9 6  
 9 8 10 10 12 13 17 7 8 6 10 11

Organize os dados numa tabela de contagem.

Resolução

| Classificação dos testes de Matemática dos alunos da 9.ª A |          |            |       |          |            |
|------------------------------------------------------------|----------|------------|-------|----------|------------|
| Notas                                                      | Contagem | N.º alunos | Notas | Contagem | N.º alunos |
| 6                                                          | III      | 3          | 13    | II       | 2          |
| 7                                                          | III      | 3          | 14    | I        | 1          |
| 8                                                          | IIII     | 6          | 15    | I        | 1          |
| 9                                                          | IIII     | 4          | 16    | II       | 2          |
| 10                                                         | IIII     | 7          | 17    | I        | 1          |
| 11                                                         | II       | 2          | 18    | I        | 1          |
| 12                                                         | II       | 2          | 19    | I        | 1          |

Total: 36

A **frequência absoluta** de um valor  $x_i$  de uma variável estatística é o número de vezes que esse valor aparece na lista de dados e representa-se por  $f_i$ .

A **frequência relativa** de um valor  $x_i$  da variável é o quociente entre a frequência absoluta de  $x_i$ ,  $f_i$ , e o número total de dados,  $n$ , e representa-se por  $fr_i$ :

$$fr_i = \frac{f_i}{n}$$

Podemos organizar os dados do exemplo anterior e respectivas frequências numa **tabela de frequências**.

| $x_i$  | Contagem | $f_i$ | $fr_i$                      | $fr_i(\%)$ | $x_i$ | Contagem | $f_i$ | $fr_i$                      | $fr_i(\%)$ |
|--------|----------|-------|-----------------------------|------------|-------|----------|-------|-----------------------------|------------|
| 6      | 3        | 3     | $\frac{3}{36} \approx 0,08$ | 8%         | 13    | 2        | 2     | $\frac{2}{36} \approx 0,06$ | 6%         |
| 7      | 3        | 3     | $\frac{3}{36} \approx 0,08$ | 8%         | 14    | 1        | 1     | $\frac{1}{36} \approx 0,03$ | 3%         |
| 8      | 6        | 6     | $\frac{6}{36} \approx 0,16$ | 16%        | 15    | 1        | 1     | $\frac{1}{36} \approx 0,03$ | 3%         |
| 9      | 4        | 4     | $\frac{4}{36} \approx 0,10$ | 10%        | 16    | 2        | 2     | $\frac{2}{36} \approx 0,06$ | 6%         |
| 10     | 7        | 7     | $\frac{7}{36} \approx 0,19$ | 19%        | 17    | 1        | 1     | $\frac{1}{36} \approx 0,03$ | 3%         |
| 11     | 2        | 2     | $\frac{2}{36} \approx 0,06$ | 6%         | 18    | 1        | 1     | $\frac{1}{36} \approx 0,03$ | 3%         |
| 12     | 2        | 2     | $\frac{2}{36} \approx 0,06$ | 6%         | 19    | 1        | 1     | $\frac{1}{36} \approx 0,03$ | 3%         |
| Total: |          | 36    | 1                           | 100%       |       |          |       |                             |            |

## OBSERVAÇÃO:

A soma das frequências absolutas ( $f_i$ ) é igual ao número das observações feitas ( $n$ ) e a soma das frequências relativas ( $fr_i$ ) é sempre igual a 1.



A frequência absoluta acumulada,  $F_i$ , e a frequência relativa acumulada,  $Fr_i$ , obtêm-se adicionando as frequências absolutas e relativas, respectivamente, até ao valor considerado da variável estatística.

**EXEMPLO:**

Numa amostra de 20 casais, inquiriu-se o número de filhos de cada casal. Os resultados encontram-se na seguinte tabela.

| $x_i$ | $f_i$ | $F_i$         | $fr_i$ | $fr_i(\%)$            | $Fr_i(\%)$      |
|-------|-------|---------------|--------|-----------------------|-----------------|
| 0     | 2     | 2             | 0,1    | $0,1 \times 100 = 10$ | 10              |
| 1     | 6     | $6 + 2 = 8$   | 0,3    | $0,3 \times 100 = 30$ | $30 + 10 = 40$  |
| 2     | 6     | $6 + 8 = 14$  | 0,3    | $0,3 \times 100 = 30$ | $30 + 40 = 70$  |
| 3     | 4     | $4 + 14 = 18$ | 0,2    | $0,2 \times 100 = 20$ | $20 + 70 = 90$  |
| 4     | 2     | $2 + 18 = 20$ | 0,1    | $0,1 \times 100 = 10$ | $10 + 90 = 100$ |
| $n$   | 20    |               | 1,0    | 100                   |                 |

**Exercício n.º 2**

1. No Hospital José Macamo (HJM), registou-se o número de bebés nascidos no mês de Agosto, tendo-se obtido os seguintes valores:

1 3 3 2 2 1 3 4 2 4 2 3 2 1 0  
2 3 2 1 3 3 4 2 2 3 0 0 4 2 1

Com estes dados, construa uma tabela de frequências absolutas e relativas, simples e acumuladas.

2. Copie e complete a seguinte tabela de frequências.

| Número de irmãos dos alunos da turma da Ana |       |       |        |            |            |
|---------------------------------------------|-------|-------|--------|------------|------------|
| N.º de irmãos                               | $f_i$ | $F_i$ | $fr_i$ | $fr_i(\%)$ | $Fr_i(\%)$ |
| 0                                           | 4     | 4     | 0,16   | 16         | 16         |
| 1                                           | 10    |       |        |            |            |
| 2                                           |       | 21    |        |            |            |
| 3                                           | 3     |       |        |            |            |
| 4                                           |       | 25    |        |            |            |
| $n$                                         | 25    |       | 1      |            | 100        |

- Numas eleições autárquicas participaram 20 000 eleitores e estavam a concorrer 3 partidos: A, B e C. Sabendo que votaram 6800 eleitores no partido A, 30% no partido B e, dos restantes eleitores, 10% abstiveram-se:

- quantos eleitores votaram no partido B?
- qual a percentagem de eleitores que votaram no partido C?
- quantos eleitores se abstiveram?
- qual o partido que venceu as eleições?



## 2.2. Apresentação de dados estatísticos

As tabelas de frequências e os gráficos são formas de apresentar de modo organizado a informação recolhida.

### 2.2.1. Gráfico circular

O gráfico circular seguinte representa a Roda dos Alimentos constituído por sete sectores correspondendo cada um a um grupo de alimentos.



#### OBSERVAÇÃO

A representação gráfica da Roda dos Alimentos criada em 1977 no âmbito da campanha de educação alimentar "Saber comer é saber viver" ajudou-nos a melhorar escolhas e combinar os alimentos que devemos integrar na nossa alimentação do dia-a-dia.

A Roda dos Alimentos foi construída com base nas seguintes frequências relativas percentuais:

| Grupo alimentar                 | $f_r(\%)$ |
|---------------------------------|-----------|
| Cereais e derivados, tubérculos | 28%       |
| Hortícolas                      | 23%       |
| Fruta                           | 20%       |
| Lacticínios                     | 18%       |
| Carne, pescado e ovos           | 5%        |
| Leguminosas                     | 4%        |
| Gorduras e óleos                | 2%        |

Como se constrói um gráfico circular?

Com base em cada frequência relativa percentual de cada grupo alimentar, calculam-se as amplitudes de cada sector circular.

Relativamente ao grupo alimentar Cereais e derivados, tubérculos e usando uma regra de três simples, temos que:

$$\begin{array}{rcl} 360^\circ & \text{---} & 100\% \\ x & \text{---} & 28\% \\ x = \frac{360 \times 28}{100} = 100,8^\circ \end{array}$$

Usando o mesmo procedimento para os restantes grupos alimentares e recorrendo a um transferidor, traçam-se os sectores circulares correspondentes às amplitudes obtidas.

#### OBSERVAÇÃO

Na construção de um gráfico circular, deve-se ter em conta que:

- o gráfico tem de ter um título e uma legenda;
- a amplitude de cada sector é proporcional à frequência que representa ( $f$  ou  $f_r$ );
- devem-se usar cores diferentes para cada um dos sectores.

#### OBSERVAÇÃO

O círculo completo corresponde à totalidade dos dados, ou seja, 100%, correspondendo a  $360^\circ$ .



## 2.2.2. Gráfico de barras

### EXEMPLO:

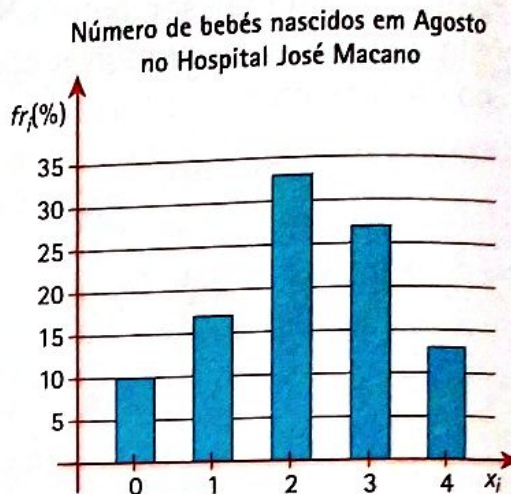
Dada a tabela relativa aos bebês nascidos no mês de Agosto no Hospital José Macamo, construa um gráfico de barras usando a frequência relativa.

#### OBSERVAÇÃO:

Na construção de um gráfico de barras devemos ter em atenção os seguintes aspectos:

- o gráfico deve ter um título;
- as barras devem estar separadas umas das outras por espaços iguais;
- apenas a dimensão vertical das barras varia.

| $x_i$ | $f_i$ | $fr_i(\%)$ |
|-------|-------|------------|
| 0     | 3     | 10         |
| 1     | 5     | 17         |
| 2     | 10    | 33         |
| 3     | 8     | 27         |
| 4     | 4     | 13         |
| $n$   | 30    | 100        |

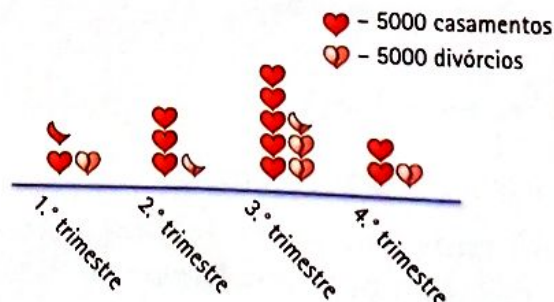


## 2.2.3. Pictogramas

Um pictograma é um gráfico que utiliza símbolos para apresentar a informação.

### EXEMPLO:

Observe o pictograma com os dados referentes aos casamentos e divórcios num dado ano em cada trimestre.



- Quantos foram os casamentos ao longo do 1.º semestre? E os divórcios?
- Qual foi o trimestre em que se celebraram mais casamentos? E divórcios?

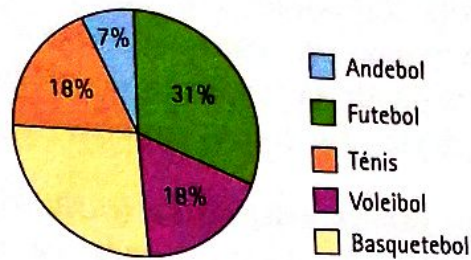
#### Resolução

- O 1.º semestre corresponde a dois trimestres e tendo em conta a legenda, o número de casamentos é  $4 \times 5000 + 2500 = 22\ 500$  e o número de divórcios é igual a  $5000 + 2500 = 7500$ .
- O trimestre em que se celebraram mais casamentos foi o terceiro com  $5 \times 5000 = 25\ 000$ . Também foi no 3.º trimestre que se verificaram mais divórcios,  $2 \times 5000 + 2500 = 12\ 500$ .



## Exercício n.º 3

1. O gráfico circular seguinte representa a percentagem dos 103 participantes nos jogos desportivos escolares da Província de Cabo Delgado.



- a) Quantos participantes praticam futebol?  
 b) Quantos alunos praticam basquetebol e qual é a sua percentagem?
2. No Banco de Socorros do HJM deram entrada os seguintes números de acidentes durante uma semana do mês de Dezembro.

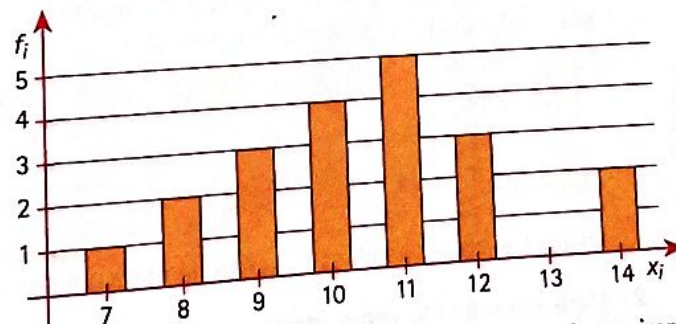
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 2 | 1 | 0 | 5 | 2 | 4 | 4 | 6 | 2 |
| 3 | 7 | 4 | 2 | 3 | 3 | 5 | 1 | 2 | 4 |
| 3 | 3 | 2 | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 | 5 | 5 |
| 5 | 1 | 0 | 6 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 |
| 1 | 2 | 4 | 4 | 3 | 6 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | 4 | 7 | 7 | 1 | 2 | 7 | 5 | 4 | 4 |

Com base numa tabela de frequências absolutas e relativas, construa um gráfico de barras usando a frequência relativa.

3. Com os seguintes dados construa um gráfico de barras relativo à pontuação de cada jogo de futebol.

|               |   |   |    |    |   |   |    |    |    |    |    |    |
|---------------|---|---|----|----|---|---|----|----|----|----|----|----|
| N.º de jogos  | 8 | 7 | 7  | 8  | 9 | 5 | 4  | 8  | 3  | 2  | 2  | 8  |
| N.º de pontos | 5 | 6 | 15 | 10 | 9 | 7 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |

4. Considere o seguinte gráfico.



Apresente os dados através de uma tabela de frequências absolutas e relativas, simples e acumuladas.

5. Na tabela seguinte registaram-se estão registadas as classificações de 20 alunos num teste de Matemática.

| Classificação | N.º de alunos |
|---------------|---------------|
| Mau           | 2             |
| Medíocre      | 4             |
| Suficiente    | 6             |
| Bom           | 5             |
| Muito Bom     | 3             |

Construa um gráfico circular que traduza a situação descrita.



### 3. Medidas de tendência central

**OBSERVAÇÃO:**

**A média aritmética** apesar de ser uma medida bastante utilizada para representar um conjunto de dados tem a desvantagem de ser muito afectada por valores muito altos ou muito baixos (designados por *outliers*), pois no seu cálculo têm-se em conta todas as observações.

As medidas de tendência central que estudaremos são a média, a mediana e a moda. Estas medidas são indicativas de informação contida nos gráficos ou tabelas. Para cada caso, dependendo do contexto do problema em estudo, estas medidas devem ser convenientemente utilizadas.

A **média aritmética** (ou simplesmente **média**) de um conjunto de dados numéricos é o número que se obtém dividindo a soma dos valores de todos os dados pelo número de dados e representa-se por  $\bar{x}$ .

**EXEMPLO:**

Consideremos o exemplo relativo aos bebês nascidos no mês de Agosto no Hospital José Macamo, cuja tabela está representada ao lado.

Calcule a média do número de bebês nascidos nesse hospital.

## Resolução

Como  $f_i$  traduz o número de vezes que ocorre  $x_i$ , a média é igual a:

$$\bar{x} = \frac{3 \times 0 + 5 \times 1 + 10 \times 2 + 8 \times 3 + 4 \times 4}{30} = \frac{65}{30} \approx 2,17$$

A **moda** de um conjunto de dados é o dado que ocorre com maior frequência e representa-se por  $M_0$ .

**EXEMPLOS:**

1. Numa escala de 10 a 20, as classificações dos testes de Matemática de dois alunos da 9.ª classe foram as seguintes:

| Testes | 1.º | 2.º | 3.º | 4.º | 5.º | 6.º |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ana    | 8   | 0   | 10  | 16  | 8   | 7   |
| Hugo   | 12  |     | 15  | 12  | 8   | 13  |

Indique a moda das classificações de cada um dos amigos.

2. Uma estação de rádio inquiriu os seus ouvintes sobre as suas preferências musicais. Para isso procedeu-se a várias chamadas telefónicas e os resultados encontram-se na tabela seguinte.

| Tipo de música | pop | rap | dança | rock |
|----------------|-----|-----|-------|------|
| N.º de pessoas | 53  | 25  | 30    | 12   |

Com base na tabela anterior, identifique a moda.

### Resolução

1. Ana:  $M_0 = 8$       Hugo:  $M_0 = 12$   
2. A moda é a música *pop*.



A mediana de um conjunto de dados numéricos ordenados é um número que ocupa a posição central da sequência ordenada (por ordem crescente ou decrescente) dos dados em estudo e representa-se por  $\tilde{x}$ .

Nos dados ordenados, a mediana é o valor central se o número de dados for ímpar ou a média dos dois valores centrais se esse número for par.

**EXEMPLO:**

Relativamente às classificações ordenadas dos testes de Matemática da Ana e do Hugo, a mediana é igual a:

Ana: 0 7 8 8 10 16

Hugo: 8 10 12 13 15

$$\tilde{x} = \frac{8 + 8}{2} = \frac{16}{2} = 8$$

$$\tilde{x} = 12$$

E se os dados estiverem contidos numa tabela de frequências, como calcular a mediana?

**EXEMPLO:**

Consideremos as classificações obtidas pelos alunos de uma turma da 9.ª classe na disciplina de Educação Física.

Baseado na tabela de frequências seguinte, pretende-se determinar as três medidas de tendência central.

| $x_i$    | $f_i$     | $F_i$ | $fr_i(\%)$ | $Fr_i(\%)$ | $f_i \times x_i$ |
|----------|-----------|-------|------------|------------|------------------|
| 7        | 2         | 2     | 7,4        | 7,4        | 14               |
| 8        | 3         | 5     | 11,1       | 18,5       | 24               |
| 9        | 3         | 8     | 11,1       | 29,6       | 27               |
| 10       | 4         | 12    | 14,8       | 44,4       | 40               |
| 11       | 5         | 17    | 18,6       | 63,0       | 55               |
| 12       | 3         | 20    | 11,1       | 74,1       | 36               |
| 13       | 3         | 23    | 11,1       | 85,2       | 39               |
| 14       | 4         | 27    | 14,8       | 100        | 56               |
| <b>n</b> | <b>27</b> |       | <b>100</b> |            | <b>291</b>       |

**Resolução**• **Moda:**

A moda é o valor que mais se repete, pelo que é igual a 11 (analisa-se a coluna correspondente a  $f_i$ ).

• **Média:**

A coluna  $f_i \times x_i$  traduz o número de vezes que o dado  $x_i$  se repete, pelo que:

$$\bar{x} = \frac{291}{27} = 10,8$$

• **Mediana:**

A mediana que corresponde a 50% dos dados ordenados, será o valor de  $x_i$  correspondente a 50% de  $Fr_i(\%)$ . Assim, 50% das observações corresponde a  $x_i = 11$ , logo  $\tilde{x} = 11$ .

**OBSERVAÇÃO:**

A mediana, ao contrário da média, não é influenciada por outliers visto que é uma medida essencialmente vinculada à posição que ocupa o valor central no conjunto ordenado e não altera a ordem dos dados.

**OBSERVAÇÃO:**

No caso da variável estatística ser qualitativa, a única medida de tendência central aplicável é a moda. A média e a mediana só podem ser calculadas se os dados forem numéricos, ou seja, a variável estatística for quantitativa.

**OBSERVAÇÃO:****Método alternativo para o cálculo da mediana**

Num conjunto de  $n$  dados ordenados, a mediana é igual:

- ao valor da variável que ocupa a posição central, se  $n$  é ímpar:

$$\tilde{x} = x_k \text{ com } k = \frac{n+1}{2};$$

- à média dos dois valores centrais, se  $n$  é par:

$$\tilde{x} = \frac{x_k + x_{k+1}}{2} \text{ com } k = \frac{n}{2}.$$

No exemplo ao lado,  $n = 27$ , pelo que  $k = \frac{27+1}{2} = 14$ .

Assim,  $\tilde{x} = x_{14}$  e pela coluna correspondente a  $F_i$ ,  $\tilde{x} = 11$ .



# Exercício n.º 4

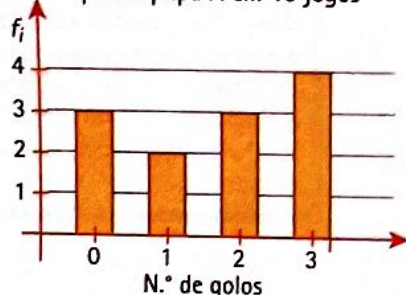
1. As classificações dos testes da Lufa às disciplinas de Português e Inglês são as seguintes:

|           |    |    |    |    |    |    |
|-----------|----|----|----|----|----|----|
| Português | 14 | 12 | 15 | 12 | 14 | 14 |
| Inglês    | 10 | 11 | 12 | 10 | 10 |    |

Para cada uma das disciplinas, calcule o valor das três medidas de tendência central.

2. No gráfico e na tabela seguintes são apresentadas as distribuições dos golos das equipas A e B nas dez primeiras jornadas.

Distribuição dos golos marcados pela equipa A em 10 jogos



|                             |   |   |   |   |   |
|-----------------------------|---|---|---|---|---|
| Número de golos da equipa B | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Frequência absoluta         | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 |

Para cada uma das equipas, determine as três medidas de tendência central.

3. A Kelly comprou três bonecos A, B e C. O preço médio dos bonecos é de 5,00 Mt. Se a mediana dos preços dos bonecos é de 3,00 Mt, indique três possibilidades para o custo dos bonecos A e C.



A



B



C

4. Uma turma da 9.ª classe tem 24 alunos: 10 raparigas e 14 rapazes. O "peso" médio das raparigas é 48,2 kg e o "peso" médio dos rapazes é 50,6 kg.

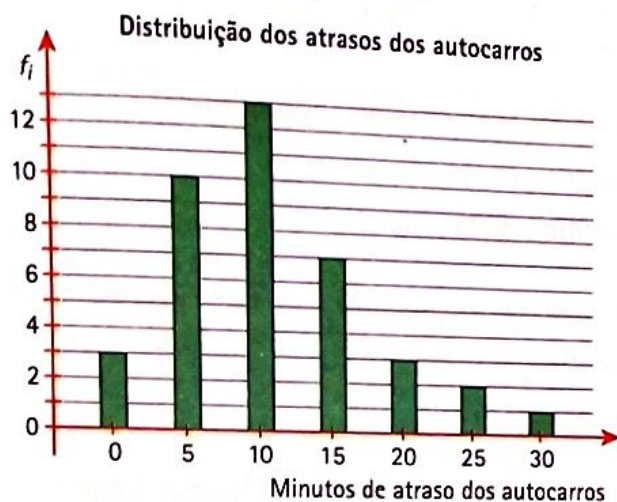
Calcule:

- a) o "peso" total dos rapazes;      b) o "peso" total das raparigas;      c) o "peso" médio dos 24 alunos da turma.

5. Se nos dados 2, 3, 5, 5, 6, 9 e 46 substituirmos o último por 10, quais as medidas de tendência central que seriam mais afectadas com esta alteração?



1. O seguinte gráfico mostra os atrasos dos autocarros numa paragem movimentada da cidade da Beira entre as 7:00 e as 12:00.



- Construa uma tabela de frequências absolutas e relativas.
  - Quantos autocarros passaram na paragem no período de tempo em estudo?
  - Quantos autocarros chegaram à hora prevista?
  - Quantos autocarros chegaram com mais de 10 minutos de atraso?
  - Indique a média e a moda.
2. Contou-se o número de passageiros que iam dentro de 15 carros, tendo-se registado os seguintes valores:

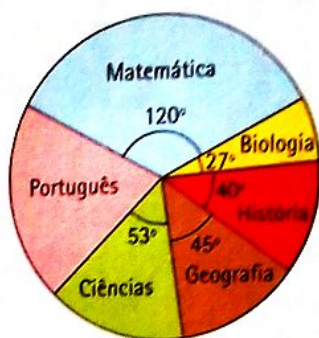
|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 3 | 3 | 4 | 1 | 1 |
| 5 | 5 | 2 | 3 | 2 |

Com os dados construa:

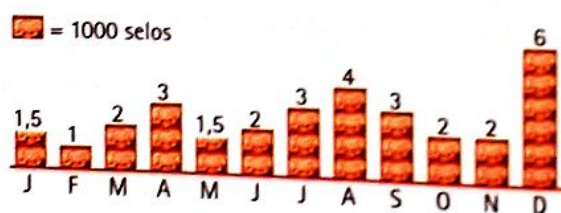
- uma tabela de frequências absolutas e relativas;
- um gráfico de barras usando a frequência absoluta;
- um gráfico de barras usando a frequência relativa.



3. Perguntou-se a 240 alunos de uma escola qual a disciplina mais importante para o curso superior que pretendiam frequentar. Com os dados obtidos foi construído o seguinte gráfico circular.



- a) Calcule quantos estudantes indicaram:
- a disciplina de Matemática;
  - a disciplina de Português.
- b) Calcule a percentagem de alunos que responderam:
- Geografia;
  - Ciências.
- c) Construa um gráfico de barras relativo à frequência absoluta.
4. Observe o seguinte pictograma referente ao volume de selos vendidos durante um ano nas estações de Correios de uma cidade moçambicana.



- Qual foi o total de selos vendidos em todo o ano?
- Qual foi a média de selos vendidos por mês?
- Em que mês se vendeu mais selos? Qual foi essa quantidade?
- Qual a percentagem de selos vendidos no primeiro semestre do ano?
- A mediana dos selos vendidos foi em que mês?
- Qual foi a moda na compra de selos? Que percentagem de selos foi vendida nesse mês?

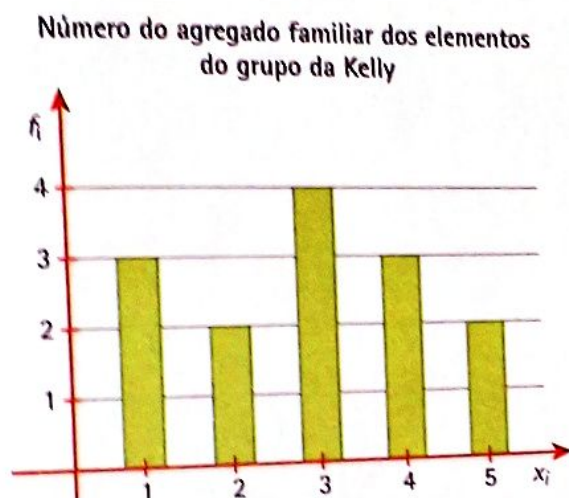


5. A turma do Hugo obteve as seguintes classificações num teste de avaliação de Matemática.

| Classificação | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---------------|---|---|---|----|----|----|----|
| Frequência    | 1 | 2 | 3 | 4  | 5  | 3  | 2  |

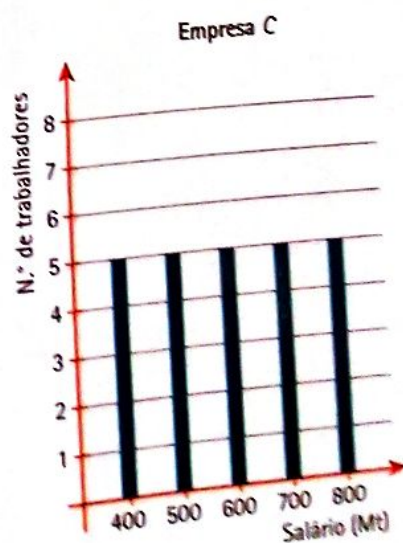
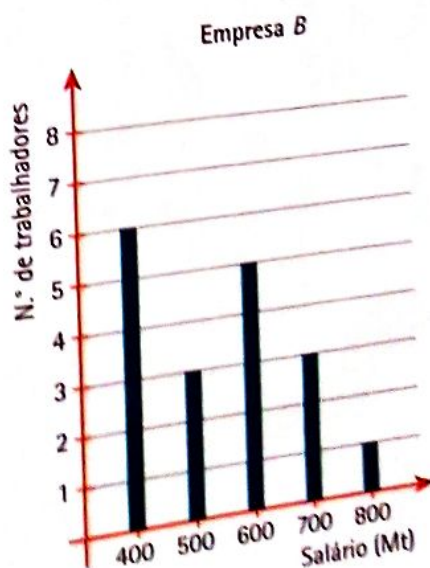
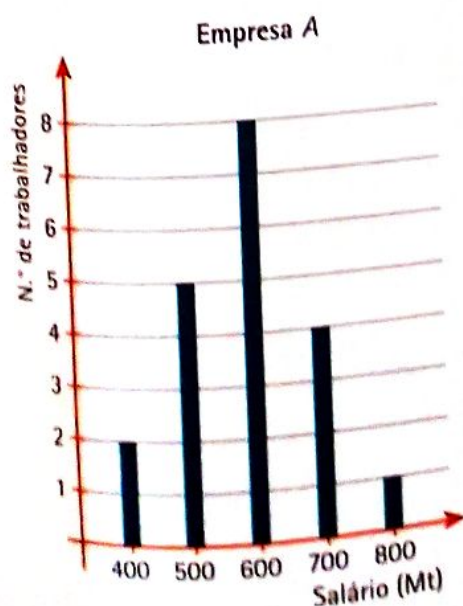
Calcule o valor das três medidas de tendência central.

6. Observe o seguinte gráfico.



Calcule o valor das três medidas de tendência central.

7. Calcule as três medidas de tendência central para cada uma das empresas A, B e C.





# 8

## SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS

1.  
HOMOTETIAS
2.  
RAZÕES E PROPORÇÕES
3.  
SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS



# 8

## SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS

### 1. Homotetias

#### 1.1. Ampliação e redução de figuras planas

No dia-a-dia, encontramos vários objectos que apesar de terem dimensões diferentes têm a mesma forma.



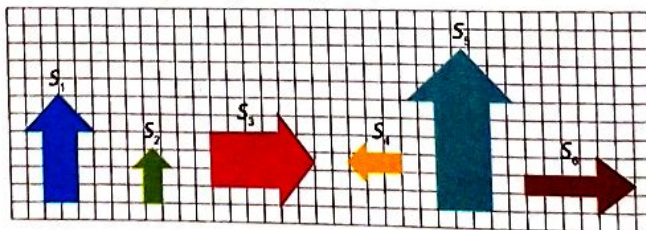
Podemos observar ampliações, reduções e figuras geometricamente iguais e em todos estes casos as figuras dizem-se semelhantes. No entanto, as fotografias representadas ao lado são exemplos de figuras não semelhantes pois não têm a mesma forma.



Duas figuras são **semelhantes** se têm a mesma forma, ou seja, se uma é ampliação da outra ou se são geometricamente iguais.

#### EXEMPLO:

Observe as setas  $S_1$  a  $S_6$  da figura seguinte.



- Complete usando as expressões **uma ampliação de**, **uma redução de** ou **geometricamente igual a**:
  - $S_1$  é \_\_\_\_\_  $S_2$ ;
  - $S_2$  é \_\_\_\_\_  $S_4$ ;
  - $S_1$  é \_\_\_\_\_  $S_5$ ;
  - $S_5$  é \_\_\_\_\_  $S_1$ .
- As setas  $S_4$  e  $S_6$  têm a mesma forma? Justifique a resposta.

#### Resolução

- $S_1$  é uma ampliação de  $S_2$ ;
  - $S_2$  é geometricamente igual a  $S_4$ ;
  - $S_1$  é uma redução de  $S_5$ ;
  - $S_5$  é uma ampliação de  $S_1$ .
- As setas  $S_4$  e  $S_6$  não têm a mesma forma porque não são geometricamente iguais ou uma não é ampliação da outra.

### 1.2. Homotetias

Imagine  
noso que  
[UV].

A imag  
tal que U

A ap  
pontos  
no princ

O pont  
da homo

À ima  
ponto. Po

Como c  
homotet

Preter

1.º Mar

2.º Traç

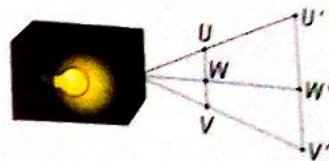
3.º Ma  
OA  
sob  
me



## 1.2. Homotetias

Imaginemos uma lâmpada dentro de uma caixa e um foco luminoso que passa através de um orifício  $C$  e que se vai reflectir em  $[UV]$ .

A imagem de  $[UV]$  é o segmento  $[U'V']$  paralelo a  $[UV]$ , tal que  $U'$  é a imagem de  $U$  e  $V'$  é a imagem de  $V$ .



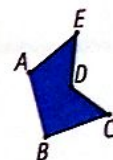
A aplicação cuja correspondência estabelecida entre pontos é unívoca designa-se por **homotetia** e é baseada no princípio da projecção de um foco de luz.

O ponto  $O$  chama-se centro da homotetia e  $r = \frac{U'V'}{UV}$  a razão da homotetia ou razão de semelhança.

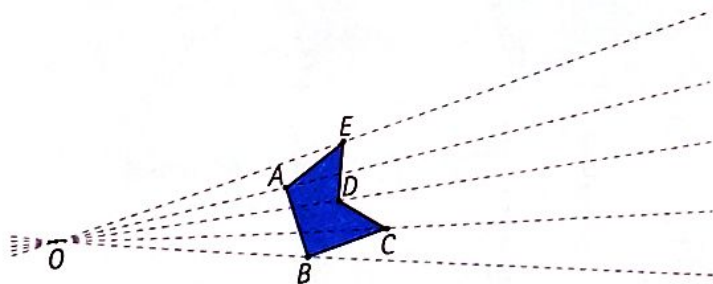
À imagem de um ponto dá-se o nome de homotético desse ponto. Por exemplo,  $U'$  é homotético de  $U$ .

**Como construir figuras semelhantes usando o método da homotetia?**

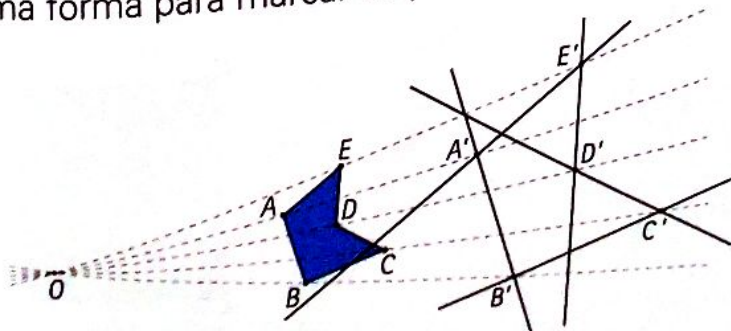
Pretende-se ampliar o polígono  $[ABCD]$  representado ao lado.



- 1.º Marca-se um ponto  $O$  considerado como centro da homotetia;
- 2.º Traçam-se as rectas  $OA$ ,  $OB$ ,  $OC$ ,  $OD$  e  $OE$ ;



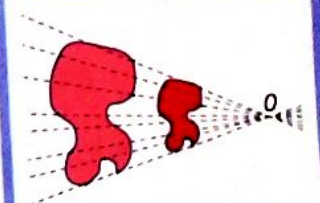
- 3.º Marca-se o ponto  $A'$  sobre a recta  $OA$  de modo que  $\overline{OA'} = r \times \overline{OA}$  ( $r$  é a razão de semelhança); o ponto  $B'$  sobre a recta  $OB$  tal que  $\overline{OB'} = r \times \overline{OB}$  e procede-se da mesma forma para marcar os pontos  $C'$ ,  $D'$  e  $E'$ .



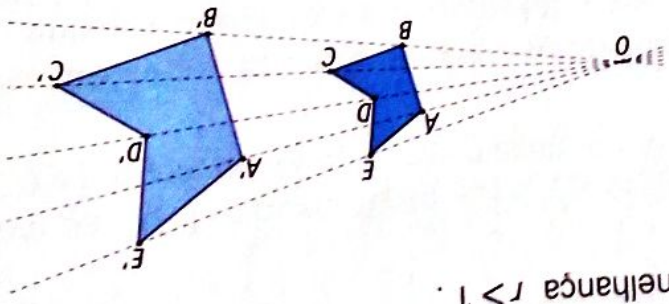


**OBSERVAÇÃO:**

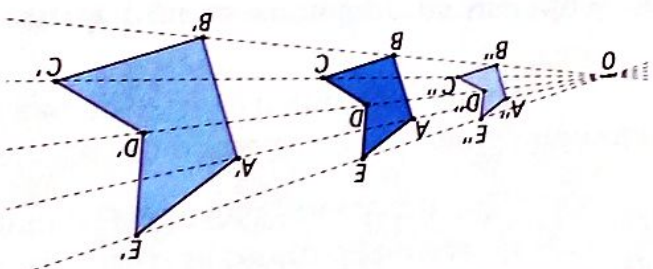
No caso de figuras curvas, também é possível construir figuras semelhantes usando o método de homotetia, como se verifica no exemplo seguinte.



4.° Traçam-se os segmentos  $[A'B']$ ,  $[B'C']$ ,  $[C'D']$  e  $[E'A']$  e obtém-se o polígono  $[A'B'C'D']$  que é a ampliação de  $[ABCD]$ , isto porque, neste caso, considerou-se uma razão de semelhança  $r > 1$ .



O procedimento é idêntico para reduzir o polígono dado, tomando-se neste caso uma razão de semelhança  $r < 1$ .

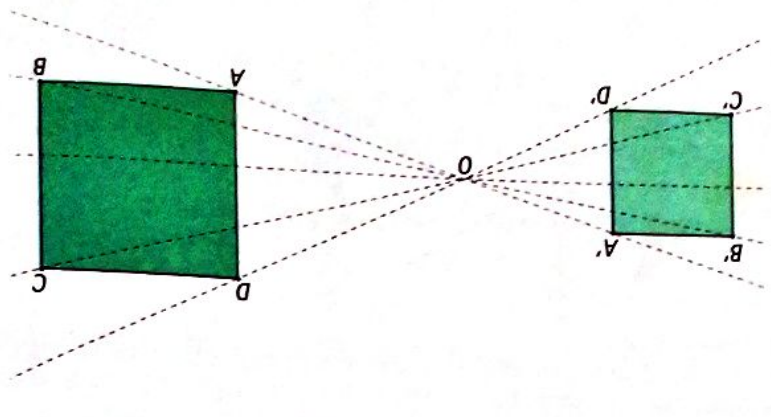
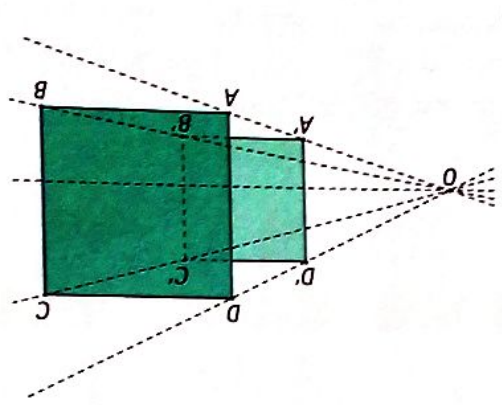


**EXEMPLO:**

Construa uma figura homotética a um quadrado, cujo centro da homotetia é um ponto exterior ao quadrado e cuja razão de semelhança é igual a:

- a)  $\frac{3}{2}$
- b)  $-\frac{3}{2}$

**Resolução**





## 1.2.2. Classificação das homotetias

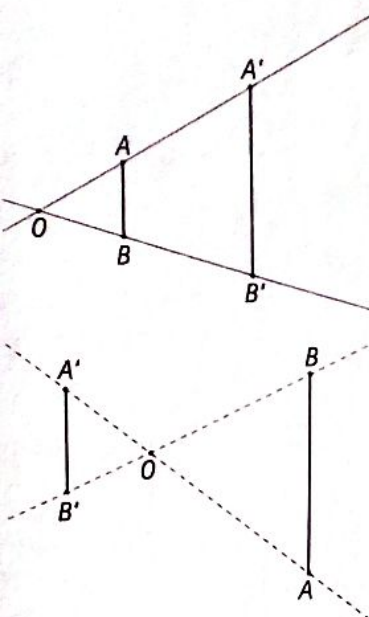
As **homotetias positivas** são homotetias de razão de semelhança positiva, ou seja, cada ponto  $U$  e o seu homotético  $U'$  estão do mesmo lado do centro da homotetia.

As **homotetias negativas** são homotetias de razão de semelhança negativa, ou seja, cada ponto  $U$  e o seu homotético  $U'$  estão em lados opostos ao centro da homotetia.

A classificação das homotetias pode, também, ser feita através do valor absoluto da sua razão.

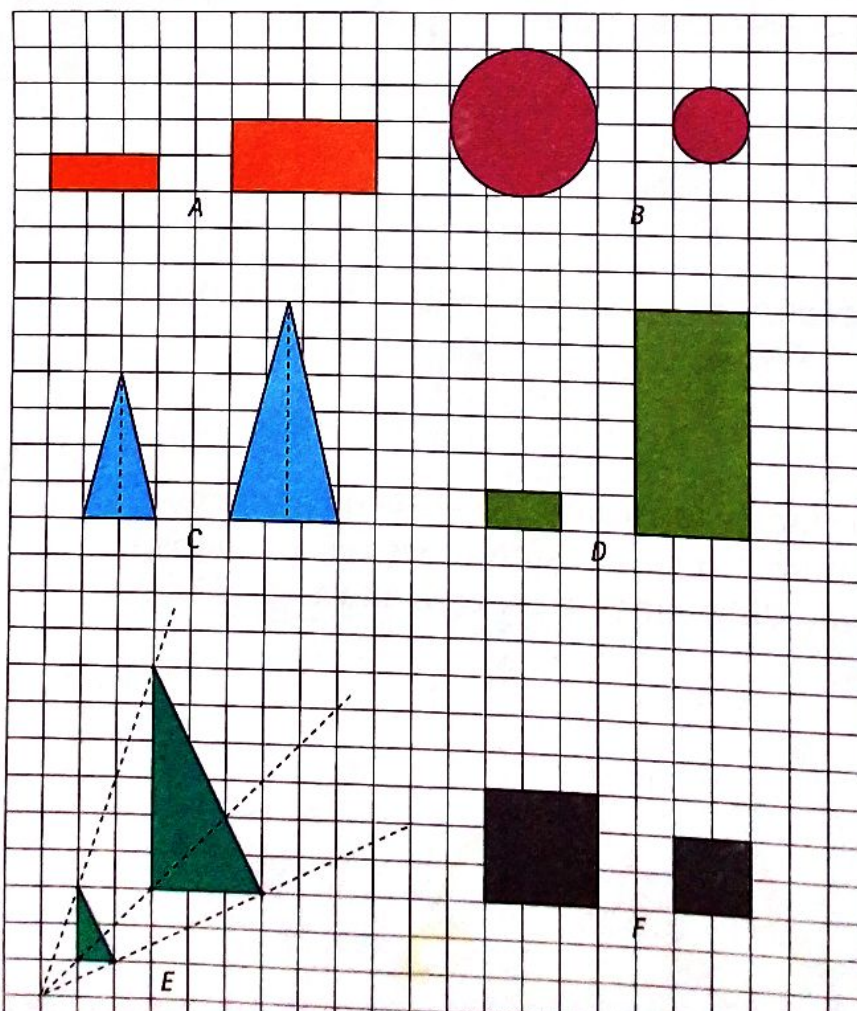
Numa homotetia de razão de semelhança  $r$ , se:

- $|r| < 1$ , a homotetia é uma redução;
- $|r| > 1$ , a homotetia é uma ampliação;
- $|r| = 1$ , a homotetia diz-se isometria porque são mantidas as dimensões da figura.



## Exercício n.º 1

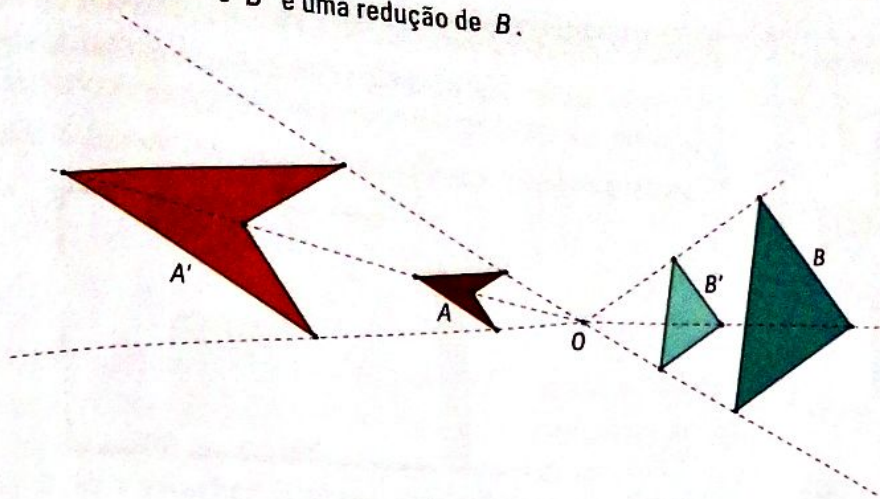
1. Indique em que situações estão representadas figuras semelhantes e no caso afirmativo apresente a razão de semelhança.



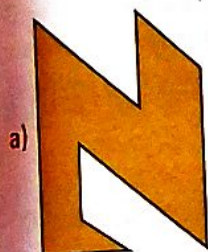


2. A figura  $A'$  é uma ampliação de  $A$  e  $B'$  é uma redução de  $B$ .

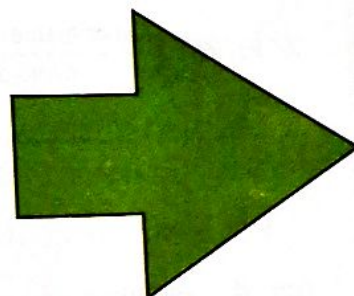
8. SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS



- Qual foi o processo utilizado para a obtenção destas figuras?
  - Qual a razão de semelhança em cada caso?
3. Para cada alínea, construa uma figura semelhante de acordo com a razão de semelhança indicada.



$r = 2$



$r = -\frac{1}{2}$

## 2. Razões e proporções

### 2.1. Noção de razão e proporção numérica

Num supermercado encontram-se as latas A e B de café representadas ao lado.

Para constatar qual a melhor compra a efectuar, calculamos  $\frac{\text{custo}}{\text{quantidade}}$  que representa o custo por grama.

$$\text{Lata A: } \frac{30,00}{800} = 0,0375$$

$$\text{Lata B: } \frac{50,00}{1000} = 0,05$$

Atendendo ao custo por grama, a melhor compra será a lata A.

As fracções  $\frac{30,00}{800}$  e  $\frac{50,00}{1000}$  designam-se por razões.

Dados dois números  $a$  e  $b$ , com  $b \neq 0$ ,  $\frac{a}{b}$  ou  $a:b$  representam a **razão entre  $a$  e  $b$** .  
Os **termos** da razão são os números  $a$  e  $b$  onde  $a$  é o **antecedente** e  $b$  o **consequente**.







**EXEMPLOS:**

1. Uma equipa de futebol participou em dez jogos ganhando apenas quatro deles. Determine a razão entre o número de derrotas e o número de jogos realizados.
2. O quarto do Pedro representado na figura seguinte tem 4 metros de comprimento.



Sabendo que na planta esse mesmo comprimento é de 5 centímetros, qual é a escala utilizada?

**Resolução**

1.  $\frac{\text{N.º de derrotas}}{\text{N.º de jogos}} = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$
2.  $\text{escala} = \frac{\text{comprimento do quarto no desenho}}{\text{comprimento do quarto na realidade}} = \frac{5}{400} = \frac{1}{80}$

Se multiplicarmos ambos os termos de uma razão pelo mesmo número, obtemos uma razão equivalente.

Por exemplo, ao multiplicarmos ambos os termos da razão  $\frac{3}{5}$  por 4, obtemos a razão  $\frac{12}{20}$  de igual valor à anterior (0,6), ou seja,  $\frac{3}{5} = \frac{12}{20}$ . Esta relação designa-se por proporção.

**OBSERVAÇÃO:**

A proporção  $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$  lê-se: "a está para b, assim como, c está para d".

Uma **proporção** é uma igualdade entre duas razões, ou seja,  $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$  com b e d não nulos.

Na proporção, a e d são os **extremos** e b e c os **meios**.

**2.2. Propriedades das proporções numéricas**

Consideremos a proporção  $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$  com b e d não nulos.

**Propriedade 1** (Propriedade fundamental das proporções)

O produto dos meios é igual ao produto dos extremos, ou seja,  $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Leftrightarrow a \times d = b \times c$ .

**Propriedade 2**

Em qualquer proporção, a soma dos dois primeiros termos está para o segundo assim como a soma dos dois últimos está para o quarto.

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Leftrightarrow \frac{a+b}{b} = \frac{c+d}{d}$$

**OBSERVAÇÃO:**

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Leftrightarrow a \times d = b \times c$$

(d) (b)

**OBSERVAÇÃO:**

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Leftrightarrow \frac{a}{b} + 1 = \frac{c}{d} + 1$$

$$\Leftrightarrow \frac{a+b}{b} = \frac{c+d}{d}$$

Em que...  
para a soma...  
anterior...  
a/b

**Propriedade**

Numa su...  
dentes está...  
qualquer an...

**EXEMPLO:**

1. Para cada ca...  
a)  $\frac{2}{7} = \frac{4}{14}$
2. Quando se...  
diminuir os i...  
Observe a r...

- a) Que qu...
- b) Que qu...

3. Para obte...  
de tinta v...  
vermelha

**Resolução**

1. a) Aplica...  
 $\frac{2}{7} = \frac{4}{14}$   
Aigu...  
b)  $\frac{10}{3} = \frac{20}{6}$   
Aigu...  
2. a)  $\frac{1}{50} = \frac{2}{100}$   
R.:  $\frac{1}{50}$   
b)  $\frac{1}{4} = \frac{2}{8}$   
R.:  $\frac{1}{4}$   
3. 17,5 :  
R.: 5



### Propriedade 3

Em qualquer proporção, a soma dos antecedentes está para a soma dos consequentes, assim como, qualquer antecedente está para o seu consequente.

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Leftrightarrow \frac{a+c}{b+d} = \frac{c}{d} \quad \text{ou} \quad \frac{a+c}{b+d} = \frac{a}{b}$$

### Propriedade 4

Numa sucessão de razões iguais, a soma dos antecedentes está para a soma dos consequentes, assim como, qualquer antecedente está para o seu consequente.

#### EXEMPLO:

1. Para cada caso, verifique se é uma proporção.

a)  $\frac{2}{7} = \frac{4}{14}$

b)  $\frac{10}{3} = \frac{15}{8}$

2. Quando se aumenta ou diminui o número de biscoitos, deve-se aumentar ou diminuir os ingredientes na mesma proporção para se manter o seu sabor. Observe a receita e responda às seguintes questões.



- a) Que quantidade de farinha é necessária para fazer o dobro dos biscoitos?  
b) Que quantidade de margarina é precisa para fazer metade da receita?
3. Para obter uma certa quantidade de tinta cor-de-laranja juntaram-se três partes de tinta vermelha com quatro partes de tinta amarela. Quantos litros de tinta vermelha são necessários para obter 17,5 litros de tinta cor-de-laranja?

#### Resolução

1. a) Aplicando a propriedade fundamental das proporções:

$$\frac{2}{7} = \frac{4}{14} \Leftrightarrow 2 \times 14 = 7 \times 4 \Leftrightarrow 28 = 28 \quad (\text{verdadeiro})$$

A igualdade é uma proporção.

b)  $\frac{10}{3} = \frac{15}{8} \Leftrightarrow 10 \times 8 = 3 \times 15 \Leftrightarrow 80 = 45 \quad (\text{falso})$

A igualdade não é verdadeira, logo, não é uma proporção.

2. a)  $\frac{1}{50} = \frac{x}{100} \Leftrightarrow 50x = 100 \times \frac{1}{2} \Leftrightarrow x = \frac{100 \times \frac{1}{2}}{50} \Leftrightarrow x = \frac{50}{50} \Leftrightarrow x = 1$

R.: É necessário 1 kg de farinha.

b)  $\frac{1}{50} = \frac{x}{25} \Leftrightarrow 50x = \frac{1}{4} \times 25 \Leftrightarrow x = \frac{25 \times 1}{4 \times 50} \Leftrightarrow x = \frac{1}{8}$

R.: É necessário  $\frac{1}{8}$  kg de margarina.

3.  $17,5 : 7 = 2,5 \ell \quad (3 + 4 = 7 \text{ partes}) \Leftrightarrow 3 \times 2,5 = 7,5 \ell$

R.: São necessários 7,5 ℓ de tinta vermelha.

#### OBSERVAÇÃO:

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Leftrightarrow ad = bc$$

$$\Leftrightarrow \frac{a}{c} = \frac{b}{d}$$

$$\Leftrightarrow \frac{a}{c} + 1 = \frac{b}{d} + 1$$

$$\Leftrightarrow \frac{a+c}{c} = \frac{b+d}{d}$$

$$\Leftrightarrow (a+c)d = (b+d)c$$

$$\Leftrightarrow \frac{a+c}{b+d} = \frac{c}{d}$$

#### OBSERVAÇÃO:

Se tivermos uma igualdade de razões, tal como:

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{e}{f}$$

podemos, por generalização da propriedade 3, escrever:

$$\frac{a+c+e}{b+d+f} = \frac{a}{b}$$

$$\frac{a+c+e}{b+d+f} = \frac{c}{d}$$

$$\frac{a+c+e}{b+d+f} = \frac{e}{f}$$





## Exercício n.º 2

1. Determine o valor de  $x$  em cada uma das seguintes proporções.

a)  $\frac{x}{4} = \frac{3}{2}$

b)  $\frac{12}{x} = \frac{24}{6}$

c)  $\frac{x}{4} = \frac{16}{x}$

d)  $\frac{3}{x} = \frac{x}{27}$

2. Para confeccionar uma compota de pêssago, a avó Júlia usa 4 kg de açúcar e 6 kg de pêssagos. Que quantidade de açúcar necessita para 9 kg de pêssago?

3. Na construção de um prédio, o Sr. Silva necessita de betão que é feito com areia e cimento na razão de 3 : 1.

a) Se o Sr. Silva usar 350 kg de cimento, quantos quilos de betão obterá?

b) Para obter 2500 kg de betão, quantos quilos de areia e cimento são necessários?

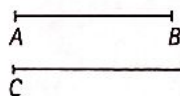
### 2.3. Segmentos de recta proporcionais



Um **segmento de recta**  $AB$  representado por  $[AB]$  é o conjunto de todos os pontos de uma recta que estão limitados por dois pontos que são as extremidades do segmento,  $A$  e  $B$ .

Não é possível dividir um segmento de recta por outro, mas é possível proceder à divisão dos seus comprimentos.

Consideremos os segmentos de recta  $[AB]$  e  $[CD]$ , seguintes:



$$\overline{AB} = 2 \text{ cm}$$

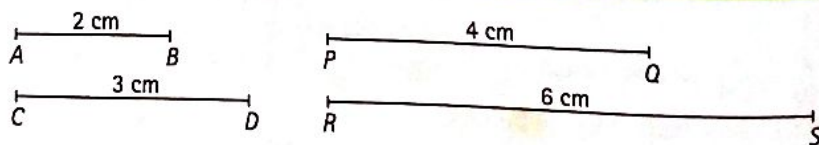
$$\overline{CD} = 5 \text{ cm}$$

A razão entre os segmentos de recta  $[AB]$  e  $[CD]$ , simbolizado por  $\frac{\overline{AB}}{\overline{CD}}$ , é definida como a razão entre os comprimentos desses segmentos, isto é:

$$\frac{\overline{AB}}{\overline{CD}} = \frac{2}{5}.$$

De forma semelhante ao estudo efectuado com as proporções numéricas, pode-se estabelecer a proporção entre segmentos de recta através dos seus comprimentos.

#### EXEMPLO:



Dos comprimentos mencionados, temos que:  $\frac{\overline{AB}}{\overline{CD}} = \frac{2}{3}$  e  $\frac{\overline{PQ}}{\overline{RS}} = \frac{4}{6}$ .

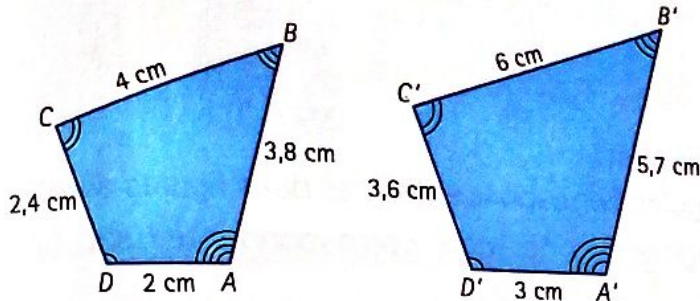
Como  $\frac{2}{3} = \frac{4}{6}$ , então existe uma proporção entre os quatro segmentos de recta, pelo que  $\frac{\overline{AB}}{\overline{CD}} = \frac{\overline{PQ}}{\overline{RS}}$ .



Quatro segmentos de recta são **proporcionais** se os seus comprimentos formarem uma proporção.

**EXEMPLO:**

Considere os quadriláteros  $[ABCD]$  e  $[A'B'C'D']$ .



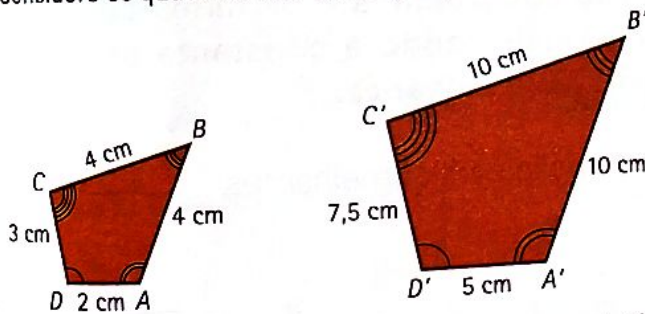
Mostre que os dois quadriláteros têm os lados correspondentes proporcionais.

**Resolução**

Como  $\frac{3,8}{5,7} = \frac{4}{6} = \frac{2,4}{3,6} = \frac{2}{3}$ , podemos concluir que  $\frac{AB}{A'B'} = \frac{BC}{B'C'} = \frac{CD}{C'D'} = \frac{DA}{D'A'}$ , pelo que, os lados correspondentes são proporcionais.

**Exercício n.º 3**

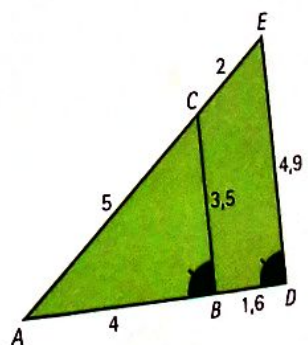
1. Considere os quadriláteros  $[ABCD]$  e  $[A'B'C'D']$ .



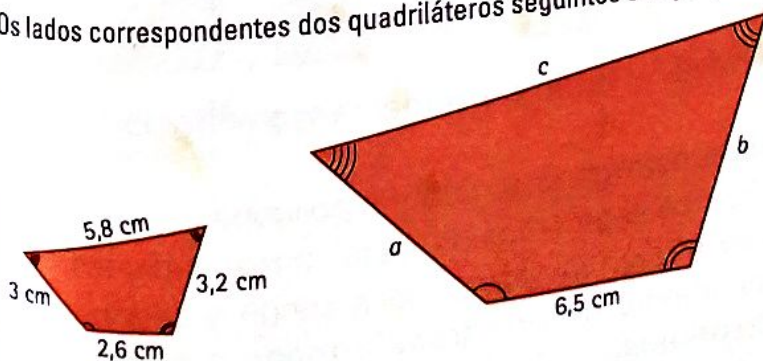
Verifique se os lados correspondentes dos dois quadriláteros são proporcionais.

2. Considere os triângulos  $[ABC]$  e  $[ADE]$  da figura ao lado cujas medidas dos lados estão em centímetros.

Verifique se os lados correspondentes são proporcionais.



3. Os lados correspondentes dos quadriláteros seguintes são proporcionais.



Determine as medidas dos lados  $a$ ,  $b$  e  $c$ .



### 3. Semelhança de triângulos

#### 3.1. Noção de semelhança

Consideremos os rectângulos representados ao lado.

Medindo os lados e os ângulos correspondentes dos rectângulos temos que:

|          | Comprimento | Largura | Ângulos |
|----------|-------------|---------|---------|
| Figura A | 6           | 3       | 90°     |
| Figura B | 3           | 1,5     | 90°     |

Observe que:

- os ângulos correspondentes nas duas figuras são congruentes;
- os segmentos de recta correspondentes são proporcionais porque  $\frac{6}{3} = \frac{3}{1,5} = 2$ .

Assim,  $\frac{\overline{AB}}{\overline{A'B'}} = \frac{\overline{BC}}{\overline{B'C'}} = k$  onde  $k$  é a razão de semelhança.

Neste caso, os polígonos são semelhantes e escreve-se:

$$[ABCD] \sim [A'B'C'D']$$

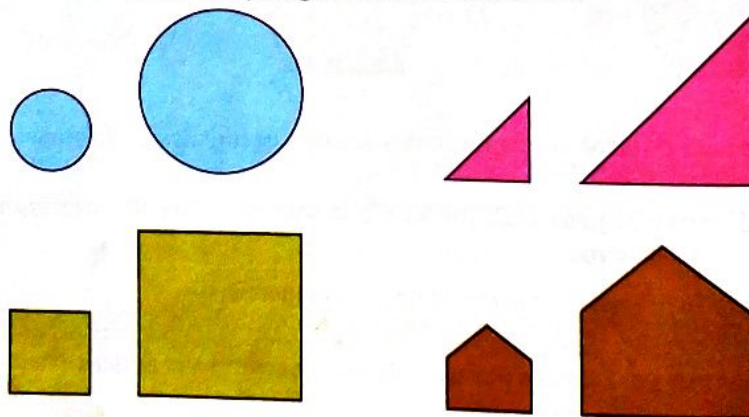
↑  
lê-se "semelhante"

#### OBSERVAÇÃO:

A definição de polígonos semelhantes só é válida quando ambas as condições são satisfeitas. Uma só das condições não é suficiente.

Dois polígonos são **semelhantes** quando os ângulos correspondentes são congruentes e os lados correspondentes são proporcionais sendo a constante de proporcionalidade a **razão de semelhança**.

Outros exemplos de polígonos semelhantes:



Para determinar a razão de semelhança entre dois polígonos devemos:

- 1.º identificar o polígono original e o polígono transformado;
- 2.º identificar os segmentos de recta correspondentes;
- 3.º escrever a razão de semelhança sendo o quociente entre o comprimento do lado transformado e o comprimento do lado original.

EXEMPLOS

1. Observe

(A)

200 m

Para c

a) ver

b) ind

2. Consi

indica



Calc

Resoluç

1. a) (A

(B

b) (

2. O l

log



**EXEMPLOS:**

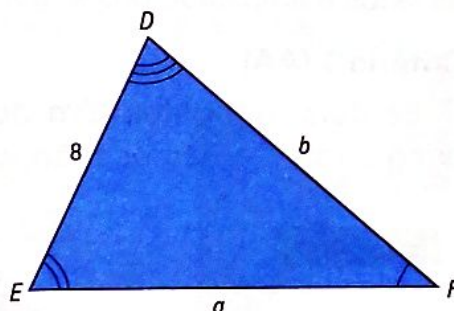
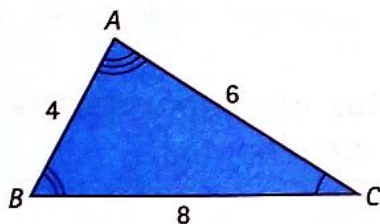
1. Observe os seguintes pares de rectângulos.



Para cada caso:

- verifique se os lados correspondentes são proporcionais.
- indique, justificando, os pares de figuras semelhantes e a respectiva razão de semelhança.

2. Considere os triângulos semelhantes  $[ABC]$  e  $[DEF]$  com as medidas dos lados indicados na figura.



Calcule as medidas dos lados  $a$  e  $b$ .

**Resolução**

1. a) (A)  $\frac{120}{12} = \frac{200}{20} = 10$ , pelo que os lados correspondentes são proporcionais.

(B) Como  $\frac{8}{2} \neq \frac{3}{4}$ , então os lados correspondentes não são proporcionais.

- b) (A) As figuras são semelhantes porque os ângulos são rectos e os lados correspondentes são proporcionais.

No caso de uma redução,  $r = \frac{12}{120} = \frac{1}{10}$  e de uma ampliação,  $r = \frac{120}{12} = 10$ .

(B) As figuras não são semelhantes porque os lados correspondentes não são proporcionais.

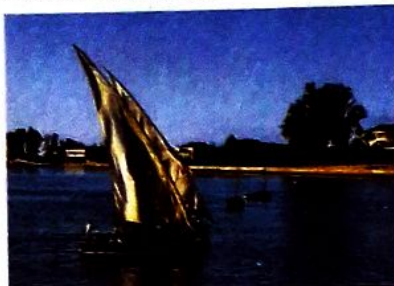
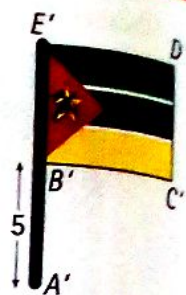
2. O lado correspondente a  $[DF]$  é  $[AC]$ , de  $[EF]$  é  $[BC]$  e de  $[DE]$  é  $[AB]$ , logo:

$$\frac{a}{8} = \frac{8}{4} \Leftrightarrow a = \frac{8 \times 8}{4} \Leftrightarrow a = 16;$$

$$\frac{b}{6} = \frac{8}{4} \Leftrightarrow b = \frac{6 \times 8}{4} \Leftrightarrow b = 12.$$



- As bandeiras representadas ao lado são semelhantes.
  - Qual é a razão de semelhança das bandeiras considerando uma ampliação?
  - Determine as dimensões da bandeira maior. As medidas estão em centímetros.
- As duas fotografias da figura são semelhantes.



Sabendo que a fotografia maior tem 30 cm de comprimento e 20 cm de largura e a razão de semelhança da fotografia maior para a menor é  $\frac{2}{5}$ , determine as dimensões da fotografia menor.

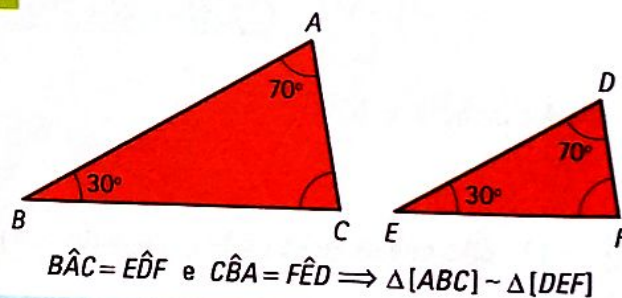
### 3.2. Semelhança de triângulos

Para verificar se dois triângulos são semelhantes não é necessário conhecer todos os elementos do triângulo (comprimento dos lados e amplitude dos ângulos).

#### Critério 1 (AA)

Se dois triângulos têm dois ângulos correspondentes congruentes, então os triângulos são semelhantes.

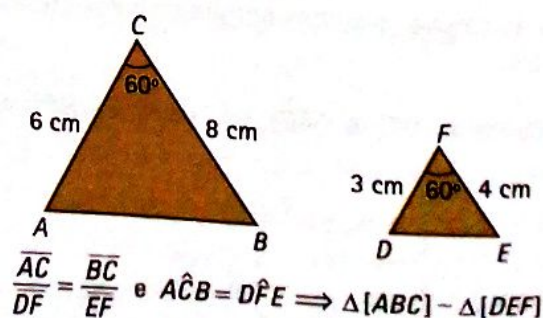
##### EXEMPLO:



#### Critério 2 (LAL)

Se dois triângulos têm dois lados correspondentes proporcionais e os ângulos formados por esses lados também são congruentes, então os triângulos são semelhantes.

##### EXEMPLO:

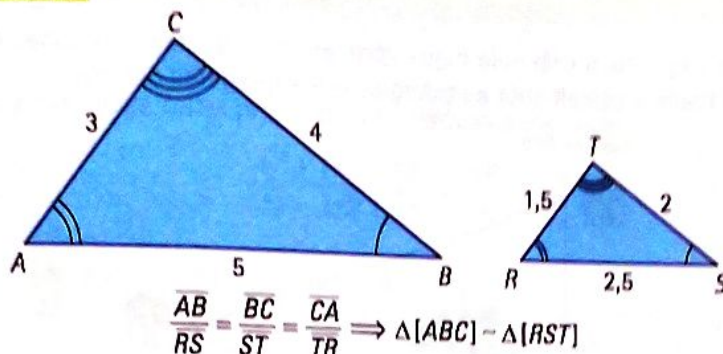




### Critério 3 (LLL)

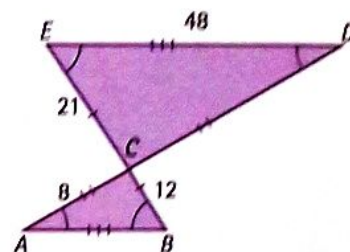
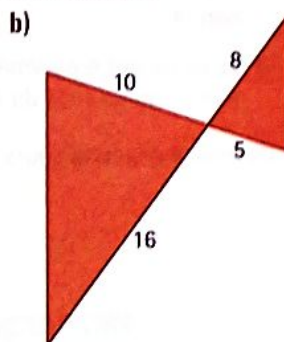
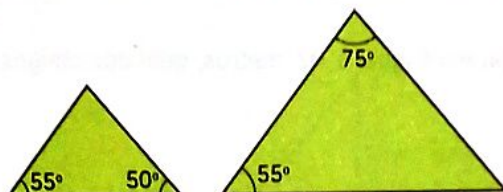
Se dois triângulos têm os três lados correspondentes proporcionais então os triângulos são semelhantes.

#### EXEMPLO:



#### EXEMPLOS:

- Observe a figura representada ao lado.
  - Os triângulos são semelhantes? Justifique.
  - Determine os comprimentos dos lados  $[AB]$  e  $[CD]$ .
- Para cada par de triângulos, diga, justificando, se são semelhantes.



- Os lados de um triângulo medem 10 cm, 8 cm e 6 cm e os lados de outro triângulo medem 30 cm, 24 cm e 18 cm. Serão os triângulos semelhantes?

#### Resolução

- Os triângulos da figura são semelhantes pelo critério AA ( $\hat{C}\hat{E}\hat{D} = \hat{C}\hat{B}\hat{A}$  e  $\hat{E}\hat{D}\hat{C} = \hat{B}\hat{A}\hat{C}$ ).

$$b) \frac{12}{21} = \frac{AB}{48} \Leftrightarrow AB = \frac{12 \times 48}{21} = 27,4$$

$$\frac{12}{21} = \frac{8}{CD} \Leftrightarrow CD = \frac{21 \times 8}{12} = 14$$

- Os triângulos são semelhantes porque têm os ângulos correspondentes iguais: 55°, 50° e 75° (critério AA).
  - Os triângulos são semelhantes porque têm dois lados proporcionais e os ângulos por eles formados iguais pois são verticalmente opostos (critério LAL):

$$\frac{10}{5} = \frac{16}{8} = 2.$$

- Os triângulos são semelhantes porque têm os seus lados proporcionais (critério LLL):

$$\frac{30}{10} = \frac{24}{8} = \frac{18}{6} = 3.$$

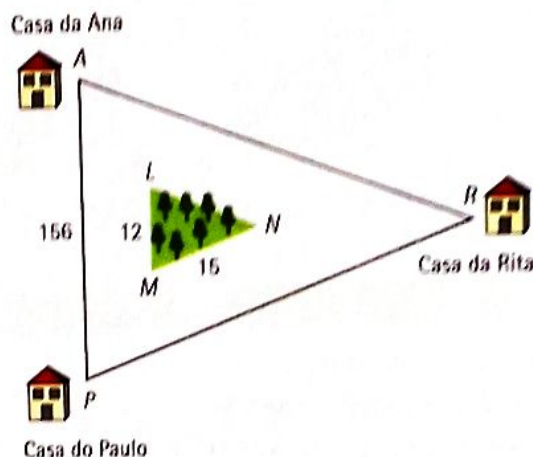


### 3.3. Resolução de problemas

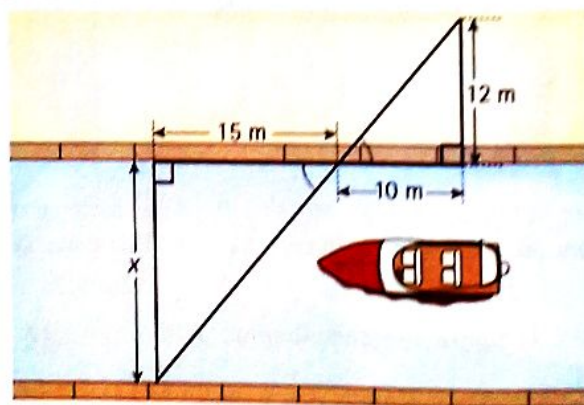
Os critérios de semelhança de triângulos permitem-nos resolver problemas do nosso quotidiano.

#### EXEMPLOS:

- Na figura seguinte, o triângulo cujos vértices correspondem às casas da Ana, da Rita e do Paulo é semelhante ao triângulo que representa o jardim.

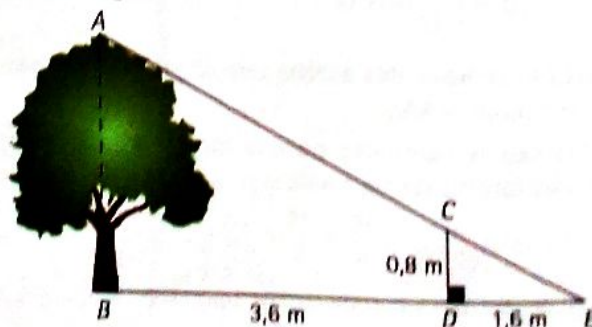


- Qual é a distância da casa do Paulo à casa da Rita? As medidas estão em metros.
  - Sabendo que o perímetro do jardim é igual a 42 metros, qual dos amigos mora mais perto da casa da Ana?
- Observe a seguinte figura.



Determine a largura  $x$  do rio.

- Considere a seguinte figura.



Determine a altura da árvore.

Resolução

1. a) Como  $\Delta L$

R.: A dist

b) Pela prop

$$\frac{156 + 19}{42}$$

R.: O Pa

2.



Como  $\Delta L$

R.: A larg

3. Como  $\Delta L$

R.: A altur



**Resolução**

1. a) Como  $\triangle[APR] \sim \triangle[LMN]$ , temos que  $\frac{\overline{AP}}{\overline{LM}} = \frac{\overline{PR}}{\overline{MN}} = \frac{\overline{AR}}{\overline{LN}}$ .

$$\frac{156}{12} = \frac{\overline{PR}}{15} \Leftrightarrow \overline{PR} = \frac{156 \times 15}{12} \Leftrightarrow \overline{PR} = 195$$

R.: A distância entre a casa do Paulo e a da Rita é de 195 metros.

- b) Pela propriedade 4 das proporções numéricas temos que:

$$\frac{\overline{AP} + \overline{PR} + \overline{AR}}{\overline{LM} + \overline{MN} + \overline{LN}} = \frac{\overline{AP}}{\overline{LM}}$$

$$\frac{156 + 195 + \overline{AR}}{42} = \frac{156}{12} \Leftrightarrow \frac{351 + \overline{AR}}{42} = 13$$

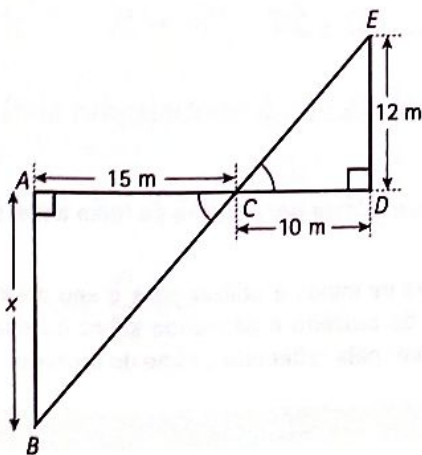
$$\Leftrightarrow 351 + \overline{AR} = 546$$

$$\Leftrightarrow \overline{AR} = 546 - 351$$

$$\Leftrightarrow \overline{AR} = 195 \text{ m}$$

R.: O Paulo mora mais perto da casa da Ana que a Rita.

2.



Como  $\triangle[ABC] \sim \triangle[CDE]$  (critério AA), temos que  $\frac{\overline{AC}}{\overline{CD}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{DE}} = \frac{\overline{BC}}{\overline{CE}}$ .

$$\frac{\overline{AC}}{\overline{CD}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{DE}} \Leftrightarrow \frac{15}{10} = \frac{x}{12} \Leftrightarrow x = \frac{15 \times 12}{10} \Leftrightarrow x = 18$$

R.: A largura do rio é igual a 18 metros.

3. Como  $\triangle[ABE] \sim \triangle[CDE]$  (critério AA), temos que  $\frac{\overline{AB}}{\overline{CD}} = \frac{\overline{BE}}{\overline{DE}} = \frac{\overline{AE}}{\overline{CE}}$ .

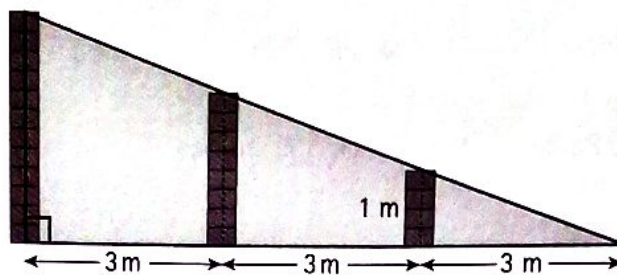
$$\frac{\overline{AB}}{0,8} = \frac{3,6 + 1,6}{1,6} \Leftrightarrow \overline{AB} = 3,25 \times 0,8 \Leftrightarrow \overline{AB} = 2,6$$

R.: A altura da árvore é igual a 2,6 metros.



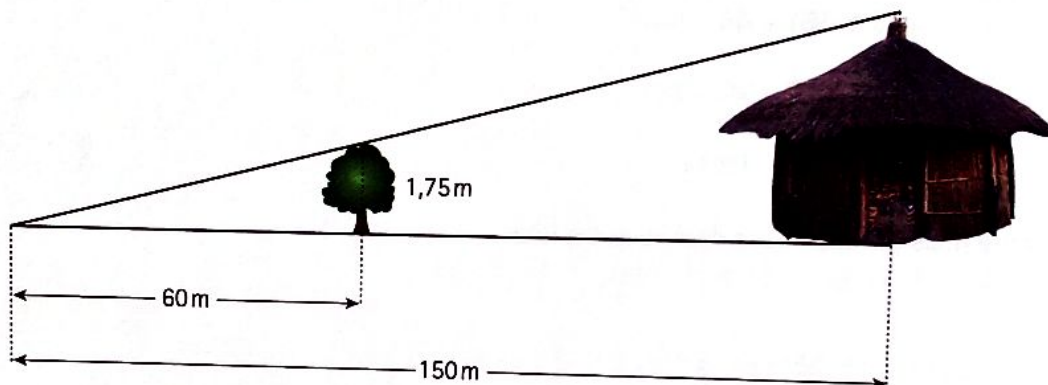
### Exercício n.º 5

1. A figura representa uma rampa.



Determine a altura dos pilares médio e maior.

2. Considere os dados indicados na figura.

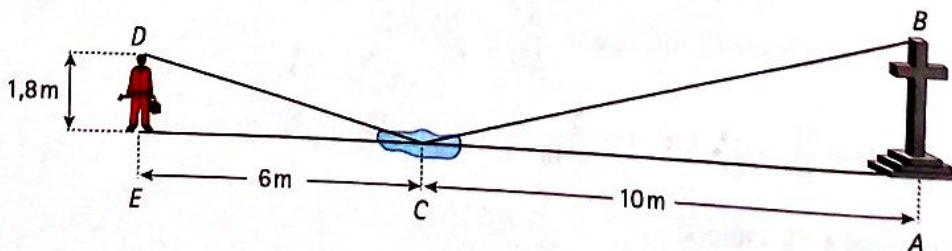


Determine a altura da palhota.

3. O senhor Manuel ficou encarregado de proceder ao arranjo do cruzeiro da sua aldeia por ocasião da festa anual que se realiza naquele local.

Necessitando de saber a altura do cruzeiro, para ter uma ideia sobre quais os meios a utilizar para o seu arranjo, começou a sentir alguma dificuldade, até que, por acaso, ao passar perto do cruzeiro e pensando sobre o assunto reparou que, estando a cerca de 6 metros de uma poça de água, conseguia ver nela reflectido o cimo do cruzeiro.

Apressou-se, então, a medir a distância da poça de água ao cruzeiro.



- Mostre que os triângulos  $[ABC]$  e  $[CDE]$  são semelhantes.
- Indique a razão de semelhança que transforma o triângulo  $[ABC]$  no triângulo  $[CDE]$ .
- Calcule a altura do cruzeiro.
- Calcule  $\overline{BC}$  e  $\overline{CD}$ .

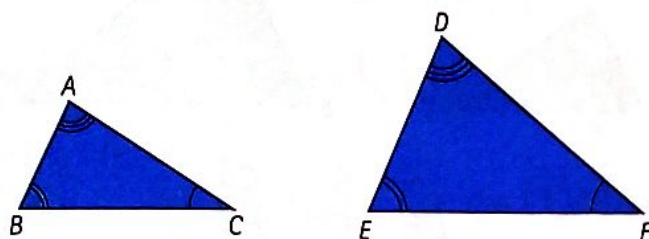


## 3.4. Teoremas dos perímetros e das áreas

**Teorema dos perímetros**

A razão entre os perímetros de dois triângulos semelhantes é igual à razão de semelhança.

**Prova:**



Como  $\Delta[ABC] \sim \Delta[DEF]$  então  $\frac{\overline{AB}}{\overline{DE}} = \frac{\overline{BC}}{\overline{EF}} = \frac{\overline{AC}}{\overline{DF}} = k$

onde  $k$  é a razão de semelhança.

Os perímetros dos triângulos são:

$$P_1 = \overline{AB} + \overline{BC} + \overline{CA} \quad \text{e} \quad P_2 = \overline{DE} + \overline{EF} + \overline{FD}.$$

Pela propriedade 4 das proporções numéricas:

$$\frac{\overline{AB} + \overline{BC} + \overline{AC}}{\overline{DE} + \overline{EF} + \overline{FD}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{DE}} = \frac{\overline{BC}}{\overline{EF}} = \frac{\overline{AC}}{\overline{FD}} = k$$

pelo que  $\frac{P_1}{P_2} = k$ .

**EXEMPLO:**

Os lados de um triângulo medem 3,6 cm, 6,4 cm e 8 cm. Esse triângulo é semelhante a um outro cujo perímetro é igual a 45 cm. Calcule o comprimento dos lados do segundo triângulo.

**Resolução**

$$\frac{45}{18} = \frac{x}{3,6} \Leftrightarrow x = \frac{3,6 \times 45}{18} \Leftrightarrow x = 9 \text{ cm}$$

$$\frac{45}{18} = \frac{y}{6,4} \Leftrightarrow y = \frac{6,4 \times 45}{18} \Leftrightarrow y = 16 \text{ cm}$$

$$\frac{45}{18} = \frac{z}{8} \Leftrightarrow z = \frac{8 \times 45}{18} \Leftrightarrow z = 20 \text{ cm}$$

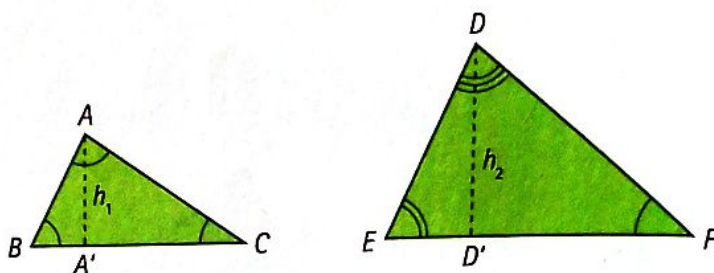
Os lados do segundo triângulo medem 9 cm, 16 cm e 20 cm.



## Teorema das áreas

A razão entre as áreas de dois triângulos semelhantes é igual ao quadrado da razão de semelhança.

**Prova:**



$$\Delta[ABC] \sim \Delta[DEF] \Rightarrow \frac{\overline{AB}}{\overline{DE}} = \frac{\overline{BC}}{\overline{EF}} = \frac{\overline{CA}}{\overline{FD}} = k$$

$$\Delta[ABA'] \sim \Delta[DED'] \Rightarrow \frac{\overline{AB}}{\overline{DE}} = \frac{\overline{BA'}}{\overline{ED'}} = \frac{h_1}{h_2} = k$$

pelo que  $\frac{h_1}{h_2} = k \Rightarrow h_1 = kh_2$ .

As áreas dos triângulos são:

$$A_1 = \frac{1}{2} \times \overline{BC} \times h_1 \quad \text{e} \quad A_2 = \frac{1}{2} \times \overline{EF} \times h_2.$$

$$\text{Assim, } \frac{A_1}{A_2} = \frac{\overline{BC}}{\overline{EF}} \times \frac{h_1}{h_2} = k \times \frac{kh_2}{h_2} = k^2.$$

### EXEMPLO:

Os perímetros de dois triângulos semelhantes são, respectivamente, 15 e 22,5 cm. Calcule a área do segundo triângulo sabendo que a área do primeiro é 22 cm<sup>2</sup>.

**Resolução**

Pelo teorema dos perímetros,  $\frac{22,5}{15} = 1,5 = r$ , logo, pelo teorema das áreas,  $\frac{A_2}{22} = 1,5^2 \Leftrightarrow A_2 = 22 \times 1,5^2 \Leftrightarrow A_2 = 49,5 \text{ cm}^2$ .

## 3.5. Teorema de Tales

### Teorema de Tales

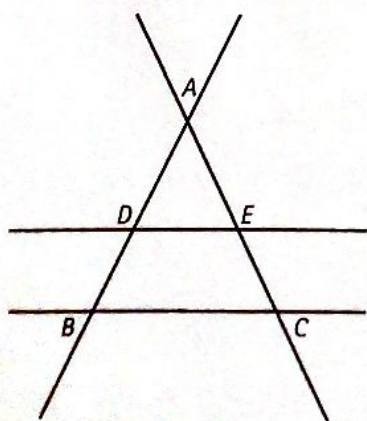
Quando duas rectas transversais cortam um feixe de rectas paralelas, as medidas dos segmentos delimitados pelas transversais são proporcionais.

**Prova:**

Como  $\Delta[ABC] \sim \Delta[ADE]$  (critério AA), então:

$$\frac{\overline{AB}}{\overline{AD}} = \frac{\overline{AC}}{\overline{AE}} \Leftrightarrow \frac{\overline{AD} + \overline{BD}}{\overline{AD}} = \frac{\overline{AE} + \overline{CE}}{\overline{AE}}$$

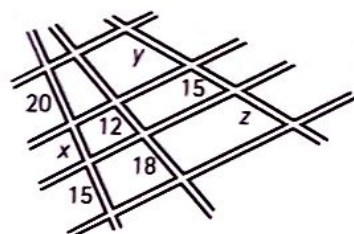
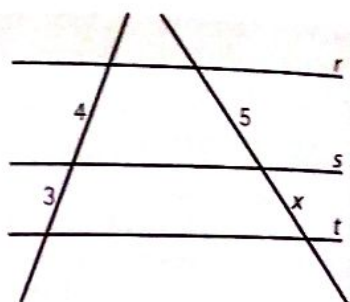
$$\Leftrightarrow 1 + \frac{\overline{BD}}{\overline{AD}} = 1 + \frac{\overline{CE}}{\overline{AE}} \Leftrightarrow \frac{\overline{AD}}{\overline{BD}} = \frac{\overline{AE}}{\overline{CE}}$$





## EXEMPLOS

- Determine o valor de  $x$  na figura representada ao lado.
- O mapa da figura ao lado mostra quatro estradas paralelas cortadas por três vias transversais. Algumas das distâncias entre os cruzamentos dessas vias e estradas estão indicadas no mapa, em km. Complete o mapa com as distâncias desconhecidas.



## Resolução

$$1. \text{ Pelo teorema de Tales, } \frac{5}{x} = \frac{4}{3} \Leftrightarrow x = \frac{3 \times 5}{4} \Leftrightarrow x = 3,75.$$

- Pelo teorema de Tales:

$$\frac{x}{15} = \frac{12}{18} \Leftrightarrow x = \frac{12 \times 15}{18} \Leftrightarrow x = 10 \text{ km}$$

$$\frac{y}{15} = \frac{20}{10} \Leftrightarrow y = \frac{20 \times 15}{10} \Leftrightarrow y = 30 \text{ km}$$

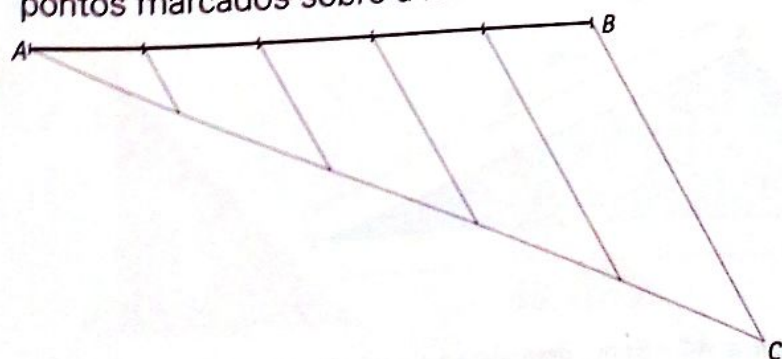
$$\frac{z}{15} = \frac{18}{12} \Leftrightarrow z = \frac{15 \times 18}{12} \Leftrightarrow z = 22,5 \text{ km}$$

## 3.5.1. Divisão de um segmento de recta em partes iguais

Como dividir um segmento de recta  $[AB]$  em 5 partes iguais?



- 1.º – Traça-se um segmento de recta auxiliar que tenha qualquer inclinação em relação ao segmento  $[AB]$  e que lhe seja concorrente no ponto  $A$  ou no ponto  $B$ .
- 2.º – Com o auxílio de um compasso, marcam-se 5 segmentos do mesmo comprimento sobre o segmento de recta auxiliar.
- 3.º – Desenha-se o triângulo  $[ABC]$  sendo  $C$  o ponto da outra extremidade do segmento de recta auxiliar.
- 4.º – Traçam-se paralelas ao segmento  $[BC]$  que passam nos pontos marcados sobre a recta auxiliar.

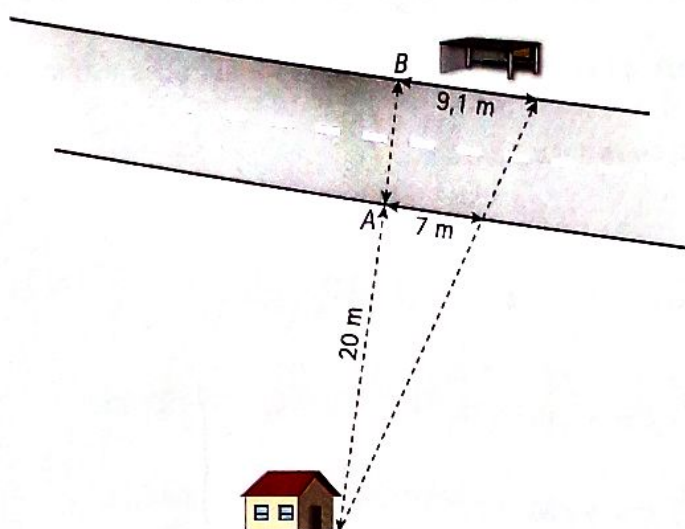


As paralelas desenhadas dividem o segmento  $[AB]$  em 5 partes iguais.



Exercício n.º 6

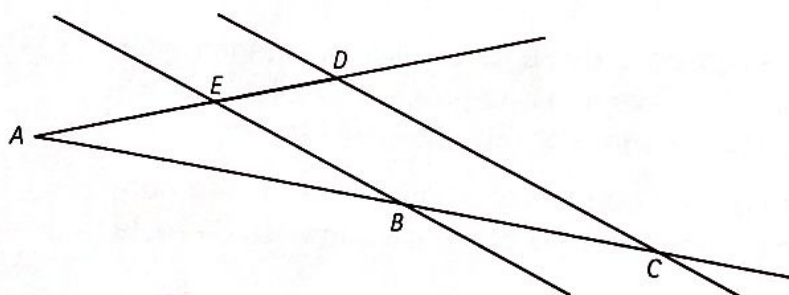
1. Junto da paragem do autocarro em que o Marco sai para ir para a escola, vão construir uma passagem para peões. A figura mostra as distâncias conhecidas.



O desenho não está feito à escala.

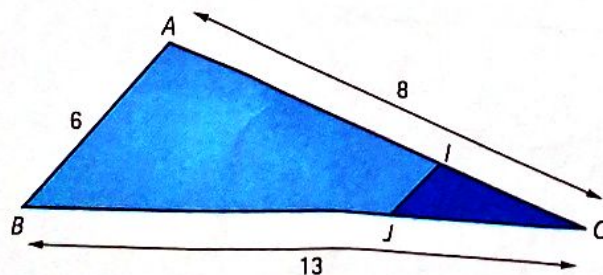
Tendo em conta os dados da figura, determine a largura da passadeira para peões, entre os pontos A e B assinalados.

2. Consideremos a seguinte figura onde  $[BE] \parallel [CD]$ ,  $\overline{AC} = 10$  cm,  $\overline{AB} = 6$  cm e  $\overline{ED} = 2$  cm.



Determine o comprimento do segmento de recta  $[AE]$ .

3. No triângulo  $[ABC]$ ,  $I$  é um ponto de  $[AC]$ ,  $J$  é um ponto de  $[BC]$  e  $\hat{C}I = \hat{C}B\hat{A}$ .



Sendo  $\overline{AB} = 6$  cm,  $\overline{BC} = 13$  cm,  $\overline{IC} = 2$  cm e  $\overline{AC} = 8$  cm, determine a medida de  $\overline{IJ}$  e  $\overline{JC}$ .

4. Desenhe, no seu caderno, um segmento de recta  $[AB]$  com 4 cm de comprimento e divida-o em três partes iguais.

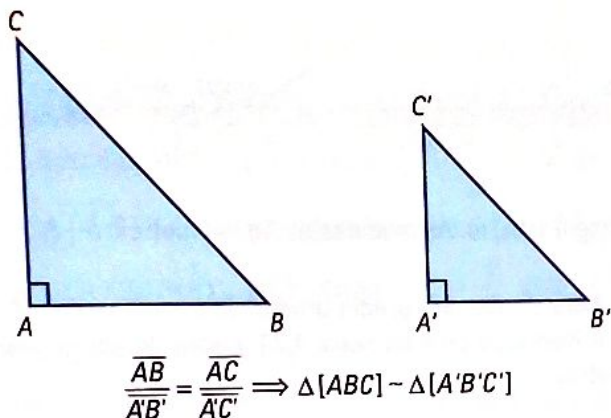


### 3.6. Semelhança de triângulos rectângulos

Os triângulos rectângulos têm sempre um ângulo recto, pelo que os seus critérios de semelhança simplificam-se.

#### Critério de semelhança 1

Dois triângulos rectângulos são semelhantes se têm os dois catetos proporcionais.

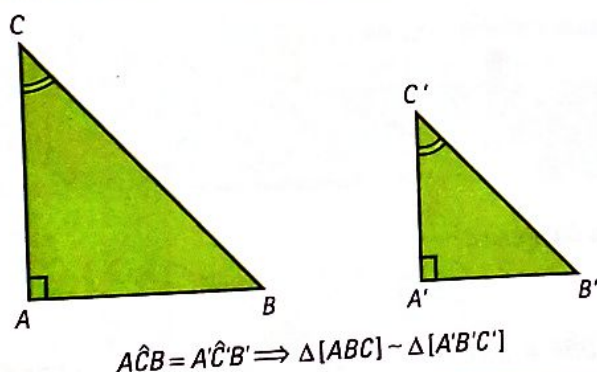


#### OBSERVAÇÃO:

Um triângulo diz-se **rectângulo** se um dos seus ângulos é recto. Neste caso, o maior lado do triângulo (lado oposto ao ângulo recto) designa-se por **hipotenusa** e os outros dois por **catetos**.

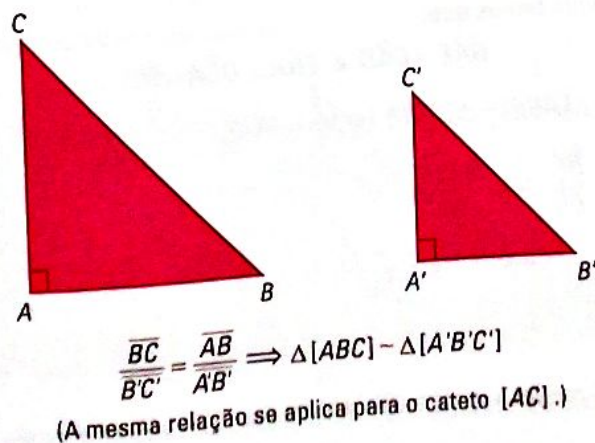
#### Critério de semelhança 2

Dois triângulos rectângulos são semelhantes se têm um ângulo agudo igual.



#### Critério de semelhança 3

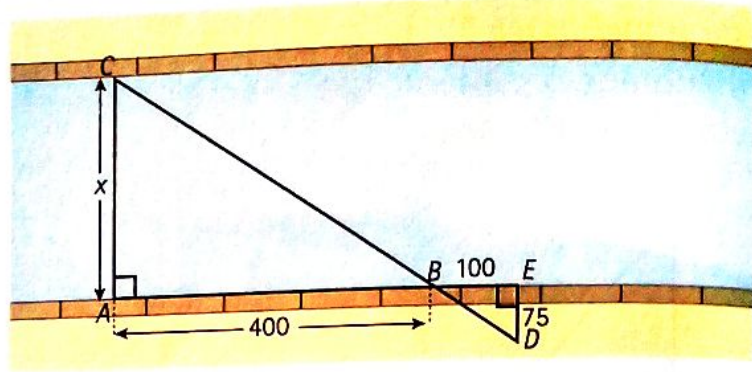
Dois triângulos rectângulos são semelhantes se têm a hipotenusa e um cateto proporcionais.





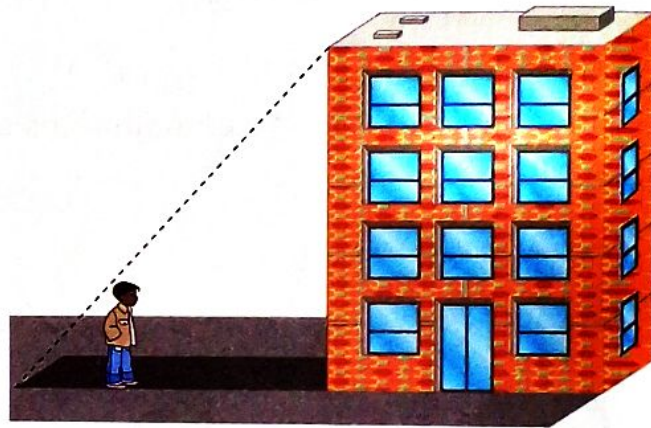
### EXEMPLOS:

- Um grupo de fotógrafos mediu a largura de um rio através de dois triângulos rectângulos desenhados nas suas margens.



Determine a largura do rio. As medidas estão em metros.

- Numa mesma hora do dia, um prédio produz uma sombra de 18 metros no chão enquanto que o Henrique com os seus 1,20 metro de altura produz uma sombra de 80 centímetros.



Qual é a altura do prédio?

### Resolução

- Como  $\widehat{CBA} = \widehat{DEB}$  e  $\widehat{BAC} = \widehat{BED} = 90^\circ$ , então  $\triangle[ABC] \sim \triangle[BDE]$  (critério AA).

$$\text{Assim, } \frac{\overline{AC}}{\overline{DE}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{BE}} \Leftrightarrow \frac{x}{75} = \frac{400}{100} \Leftrightarrow x = \frac{400 \times 75}{100} \Leftrightarrow x = 300.$$

R.: A largura do rio é igual a 300 metros.

- Na figura ao lado temos que:

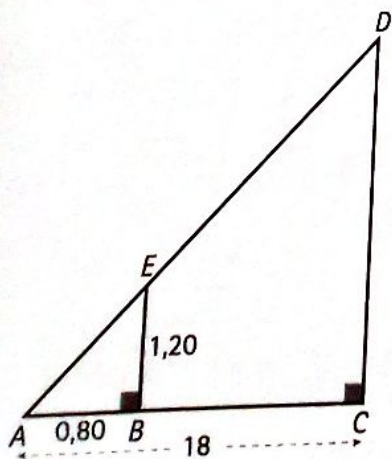
$$\widehat{BAE} = \widehat{CAD} \text{ e } \widehat{EBA} = \widehat{DCA} = 90^\circ.$$

Desta forma,  $\triangle[ABE] \sim \triangle[ACD]$  (critério AA).

$$\begin{aligned} \text{Assim, } \frac{\overline{AB}}{\overline{AC}} &= \frac{\overline{BE}}{\overline{CD}} \Leftrightarrow \frac{0,80}{18} = \frac{1,20}{x} \\ &\Leftrightarrow x = \frac{1,20 \times 18}{0,80} \end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow x = 27$$

R.: A altura do prédio é igual a 27 metros.



O desenho não está feito à escala.



### 3.7. Teorema de Pitágoras – demonstração pela semelhança de triângulos

#### Teorema de Pitágoras

Num triângulo rectângulo, o quadrado da hipotenusa é igual à soma dos quadrados dos catetos.

#### Prova:

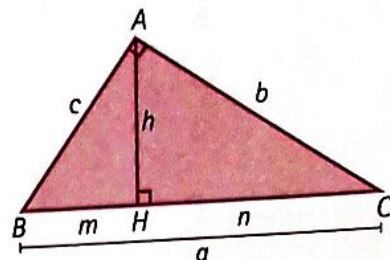
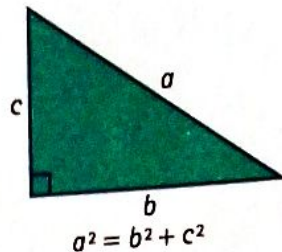
Seja  $h$  a altura relativa à hipotenusa de um triângulo rectângulo.

•  $\triangle[ABC] \sim \triangle[AHC]$ , pois têm ambos um ângulo recto e o ângulo  $C$  em comum, pelo que  $\frac{b}{n} = \frac{a}{b} \Leftrightarrow b^2 = na$ .

•  $\triangle[ABC] \sim \triangle[ABH]$ , pois têm ambos um ângulo recto e o ângulo  $B$  em comum, pelo que  $\frac{c}{m} = \frac{a}{c} \Leftrightarrow c^2 = ma$ .

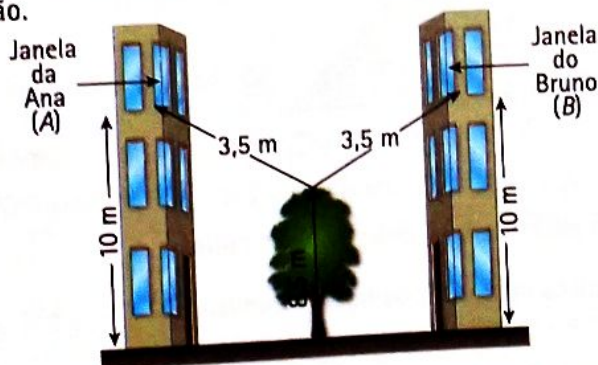
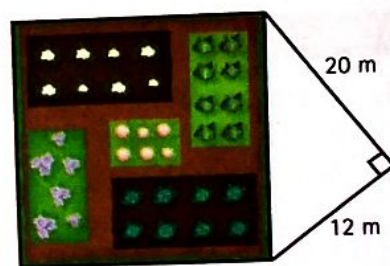
Adicionando ambas as relações:

$$na + ma = b^2 + c^2 \Leftrightarrow a(n + m) = b^2 + c^2 \Leftrightarrow a \times a = b^2 + c^2 \Leftrightarrow a^2 = b^2 + c^2$$



#### EXEMPLOS:

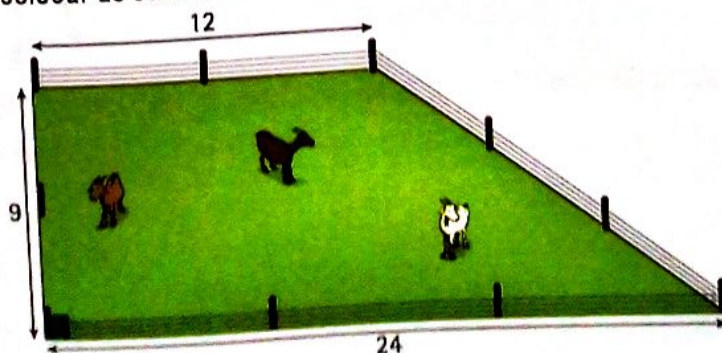
1. A figura ao lado representa uma horta onde se cultivam legumes. Qual é a área da zona de cultivo dos legumes?
2. A figura seguinte representa as fachadas de dois prédios iguais onde vivem a Ana e o Bruno e os pontos  $A$  e  $B$  representam as janelas da Ana e do Bruno, respectivamente. Os amigos moram ambos no mesmo andar que se encontra a 10 m do chão.



O desenho não está feito à escala.

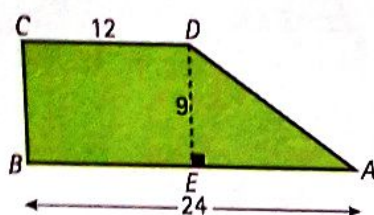
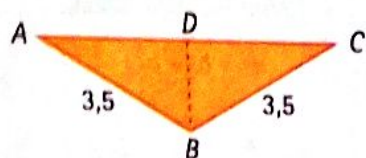
De acordo com as medidas indicadas, qual é a distância entre as janelas?

3. O Sr. António tem um terreno com a forma de um trapézio rectangular, onde costuma colocar as suas três cabras.



De acordo com as medidas indicadas, determine o perímetro do terreno.





### Resolução:

1. Pretende-se calcular o comprimento da hipotenusa do triângulo.

Pelo Teorema de Pitágoras,  $\ell^2 = 20^2 + 12^2 = 544$ , logo,  $A = \ell^2 = 544 \text{ m}^2$ .

R.: A área é igual a  $544 \text{ m}^2$ .

2.  $\overline{AD} = \overline{CD} = \frac{1}{2} \overline{AC}$  e  $\overline{BD} = 10 - 8,5 = 1,5$

Pelo Teorema de Pitágoras aplicado ao  $\Delta[BCD]$ ,

$$\overline{BC}^2 = \overline{BD}^2 + \overline{CD}^2, \text{ pelo que, } \overline{CD} = \sqrt{3,5^2 - 1,5^2} = \sqrt{10}.$$

$$\overline{AC} = 2 \times \overline{CD} = 2 \times \sqrt{10} \approx 6,3$$

R.: A distância entre as janelas é, aproximadamente, 6,3 metros.

3.  $\overline{DE} = \overline{CB} = 9 \text{ m}$

$$\overline{AE} = \overline{AB} - \overline{DC} = 24 - 12 = 12 \text{ m}$$

Pelo Teorema de Pitágoras aplicado ao  $\Delta[ADE]$ ,

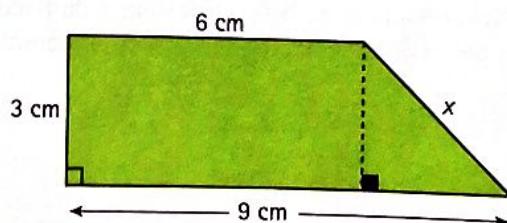
$$\overline{AD}^2 = \overline{AE}^2 + \overline{DE}^2, \text{ pelo que, } \overline{AD} = \sqrt{12^2 + 9^2} = \sqrt{225} = 15.$$

$$\text{Assim, } P = 24 + 9 + 12 + 15 = 60 \text{ m.}$$

R.: O perímetro do trapézio é igual a 60 metros.

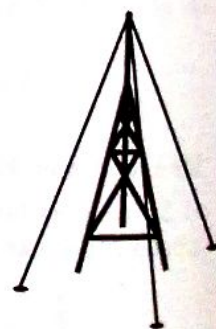
### Exercício n.º 7

1. Atendendo aos dados da figura seguinte, determine o valor de  $x$ .

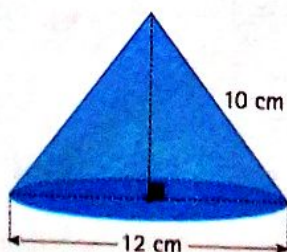


2. Um emissor de televisão que tem 30 metros de altura está preso ao chão por três cabos.

Sabendo que cada cabo está preso ao chão a 40 metros do centro da base do emissor, determine a quantidade de cabo necessário para prender o emissor.



3. Atendendo aos dados da figura, determine a altura do cone.



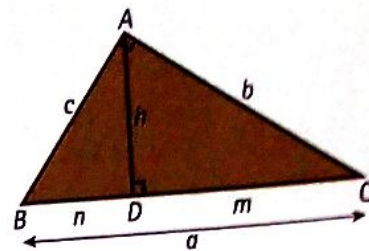


### 3.8. Relações métricas num triângulo rectângulo

Consideremos o triângulo  $[ABC]$  rectângulo em  $A$ , representado ao lado.

Dos critérios de semelhança de triângulos, conclui-se que:

$$\Delta[ABD] \sim \Delta[ADC] \sim \Delta[ABC].$$



Relativamente ao triângulo  $[ABC]$ :

**a**: hipotenusa

**b**: cateto maior

**c**: cateto menor

**h**: altura relativa à hipotenusa

**m**: projecção do cateto  $b$  sobre o lado  $[BC]$

**n**: projecção do cateto  $c$  sobre o lado  $[BC]$

Da semelhança dos triângulos referidos, obtemos as seguintes relações.

#### Relação 1

A hipotenusa é igual à soma das projecções dos catetos:  $a = m + n$ .

#### Relação 2

O quadrado da altura relativa à hipotenusa é igual ao produto das projecções dos catetos:  $h^2 = mn$ .

#### Relação 3

O quadrado de um cateto é igual ao produto da sua projecção pela hipotenusa:  $b^2 = ma$  e  $c^2 = na$ .

#### Relação 4

O produto entre a hipotenusa e a altura relativa a ela é igual ao produto dos catetos:  $ah = bc$ .

#### Relação 5

O quadrado da hipotenusa é igual à soma dos quadrados dos catetos:  $a^2 = b^2 + c^2$ .

#### OBSERVAÇÃO:

$$\begin{aligned} \Delta[ABD] \sim \Delta[ADC] &\Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{h}{m} = \frac{n}{h} &\Leftrightarrow h^2 = mn \end{aligned}$$

#### OBSERVAÇÃO:

$$\begin{aligned} \bullet \Delta[ADC] \sim \Delta[ABC] &\Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{m}{b} &\Leftrightarrow b^2 = ma \\ \bullet \Delta[ABD] \sim \Delta[ABC] &\Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{c}{a} = \frac{n}{c} &\Leftrightarrow c^2 = na \end{aligned}$$

#### OBSERVAÇÃO:

$$\frac{a}{c} = \frac{b}{h} \Leftrightarrow ah = bc$$



**EXEMPLOS:**

1. Num triângulo rectângulo, as projecções dos catetos sobre a hipotenusa medem 6 cm e 8 cm. Determine a altura relativa à hipotenusa desse triângulo.
2. A medida da altura relativa à hipotenusa de um triângulo rectângulo é de 12 cm e uma das projecções mede 9 cm. Calcule a medida dos catetos desse triângulo.
3. Determine a medida das projecções num triângulo rectângulo cuja hipotenusa mede 12 cm e um dos catetos 4 cm.

**Resolução**

1.  $m = 6$  cm e  $n = 8$  cm, logo  $h = \sqrt{6 \times 8} = 4\sqrt{3}$  cm.

2.  $h = 12$  cm e  $m = 9$  cm.

$$h^2 = mn \Leftrightarrow n = \frac{h^2}{m} \Leftrightarrow n = \frac{12^2}{9} = 16$$

$$a = m + n = 9 + 16 = 25.$$

$$b^2 = am \Leftrightarrow b = \sqrt{am} \Leftrightarrow b = \sqrt{25 \times 9} = 5 \times 3 = 15$$

$$c^2 = an \Leftrightarrow c = \sqrt{an} \Leftrightarrow c = \sqrt{25 \times 16} = 5 \times 4 = 20$$

R.: Os catetos medem 15 cm e 20 cm.

3.  $a = 12$  cm e  $c = 4$  cm.

$$c^2 = na \Rightarrow n = \frac{c^2}{a} \Leftrightarrow n = \frac{4^2}{12} = \frac{4}{3}$$

$$a = m + n \Leftrightarrow m = a - n \Leftrightarrow m = \frac{12 - 4}{3} = \frac{8}{3}$$

R.: As medidas das projecções são  $\frac{4}{3}$  cm e  $\frac{32}{3}$  cm.

**Exercício n.º 8**

1. Num triângulo rectângulo, a altura relativa à hipotenusa mede 12 cm e a diferença entre as medidas das projecções dos catetos sobre a hipotenusa é zero. Determine a hipotenusa desse triângulo.

2. As medidas dos catetos de um triângulo rectângulo são  $(x+5)$  cm e  $(x+1)$  cm e a hipotenusa  $(x+9)$  cm.
  - a) Determina o valor de  $x$ .
  - b) Determine o perímetro desse triângulo.

3. Pretendia-se ligar três cidades por estradas tal como é indicado na figura seguinte.

No entanto, uma cordilheira impede a construção da estrada que liga a cidade A a B. Desta forma, será construído um desvio o mais curto possível através da estrada que une a cidade A à estrada [BC].

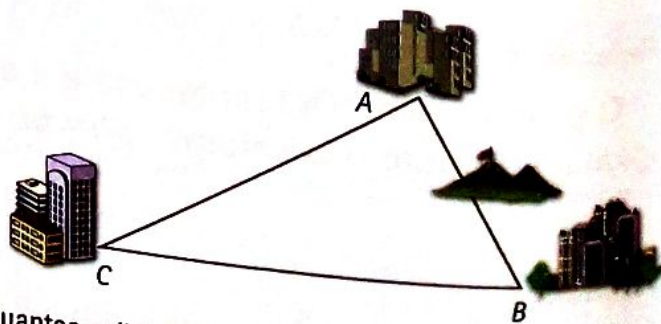
Sabe-se que  $\overline{AC} = 40$  km e  $\overline{BC} = 50$  km.

- a) Desenhe no seu caderno o triângulo [ABC] e a estrada correspondente ao desvio pretendido.

- b) Qual é o comprimento da estrada que será construída?

- c) O ponto onde esta estrada encontra a estrada [BC] dista quantos quilómetros da cidade B?

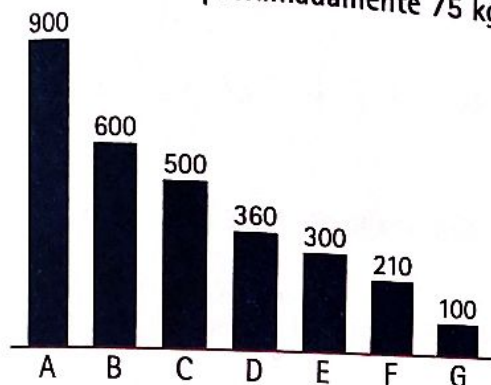
- d) Quantos quilómetros a mais têm os utentes de percorrer relativamente ao projecto inicial?





O gráfico abaixo informa a quantidade de calorias gastas por uma pessoa no período de uma hora quando pratica determinadas actividades.

Calorias gastas por uma pessoa de aproximadamente 75 kg em 1 hora



A: correr (15 km/h)  
B: pedalar (20 km/h)  
C: jogar basquetebol  
D: cavalgar  
E: nadar  
F: caminhar  
G: ficar sentado

- Qual é a razão entre as quantidades de calorias gastas ao cavalgar e ao correr?
- Qual é a razão entre as quantidades de calorias ao ficar sentado e ao jogar basquetebol?
- As razões obtidas nas duas alíneas anteriores formam uma proporção?
- Qual é a razão entre as quantidades de calorias gastas ao ficar sentado e ao nadar?
- Qual é a razão entre as quantidades de calorias gastas ao nadar e ao correr?
- As razões obtidas nas duas alíneas anteriores formam uma proporção?

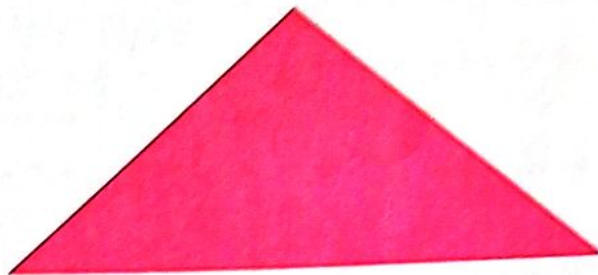
2. Construa uma figura homotética a um triângulo equilátero, cujo centro de homotetia é um ponto exterior ao triângulo e cuja razão é igual a:

- 2 ;
- 2 .



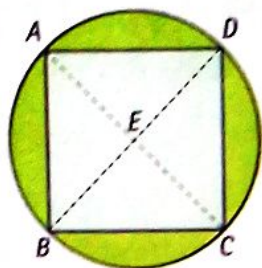
3. Para cada alínea, construa uma figura semelhante de acordo com a razão de semelhança indicada.

a)



$$r = -\frac{1}{3}$$

b)



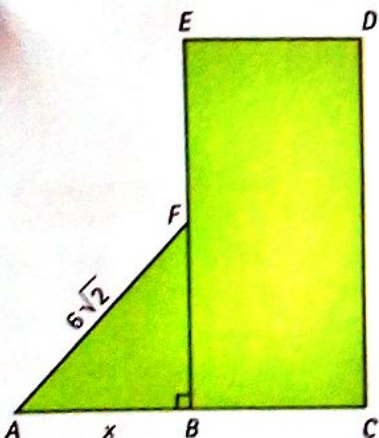
$$r = 2$$

4. Dois triângulos equiláteros são semelhantes? Porquê?
5. Dois triângulos isósceles quaisquer são semelhantes? Porquê?

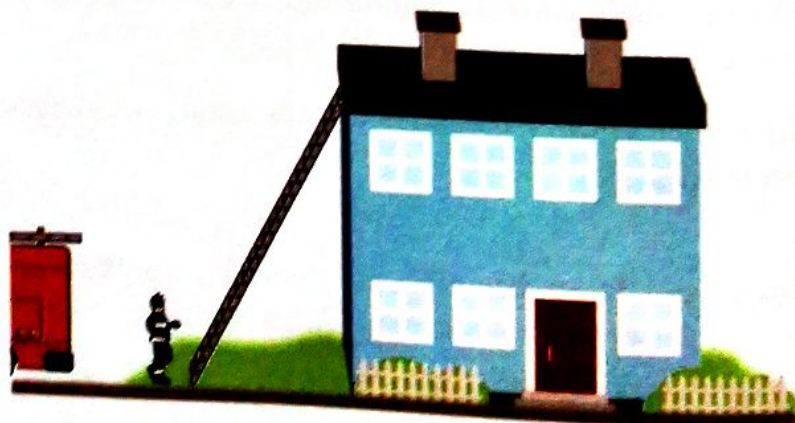
6. Na figura ao lado,  $\overline{AB} = \overline{BC}$  e  $F$  é ponto médio do lado  $[BE]$ . As medidas estão em centímetros.

Determine:

- a) a medida  $x = \overline{AB} = \overline{BF}$  indicada na figura.
- b) a área do rectângulo  $[BCDE]$ .



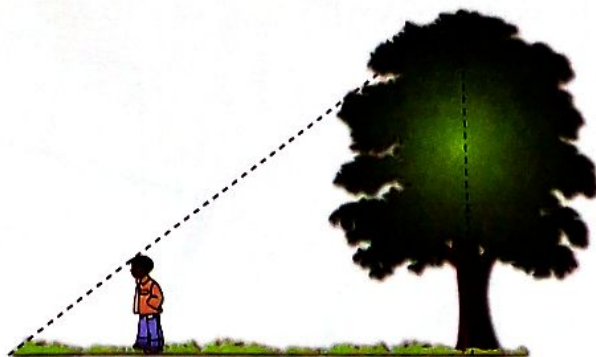
7. A figura mostra um edifício que tem 15 metros de altura com uma escada colocada a 8 metros da sua base, ligada ao topo do edifício.



Determine o comprimento da escada que o bombeiro tem que subir.



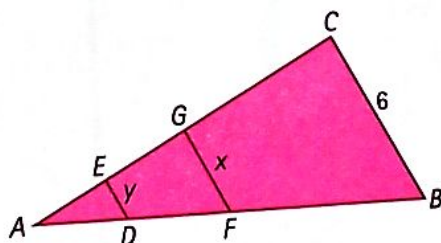
8. Numa visita de estudo, o João reparou que a sua sombra mede 2 metros e que, no mesmo instante, a sombra de uma árvore próxima dele mede 7,2 metros.



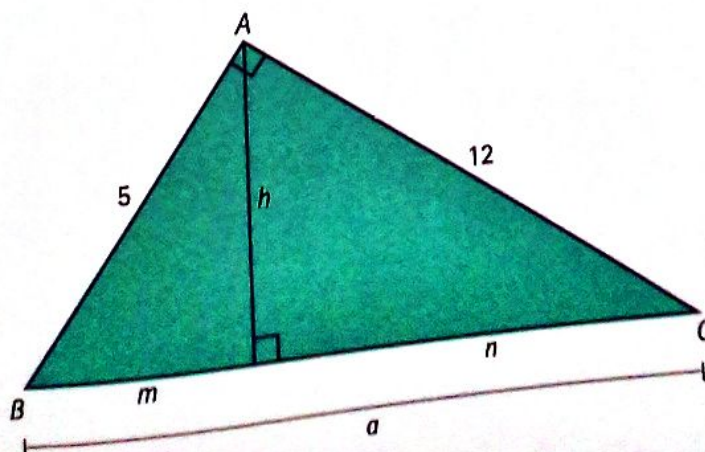
Sabendo que a altura do João é de 1,5 metros, determine a altura da árvore.

9. Determine os valores de  $x$  e  $y$  na figura sabendo que:

$$\frac{AD}{AB} = \frac{1}{4}, \quad \frac{AF}{AB} = \frac{1}{2} \quad \text{e} \quad [ED] \parallel [GF] \parallel [CB].$$



10. Determine os elementos  $a$ ,  $h$ ,  $m$  e  $n$  no triângulo rectângulo seguinte.





# 9

## ÁREAS E VOLUMES DE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS

1.

**POLIEDROS**

2.

**PRISMAS**

3.

**PIRÂMIDES**

4.

**SÓLIDOS DE REVOLUÇÃO**



# ÁREAS E VOLUMES DE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS

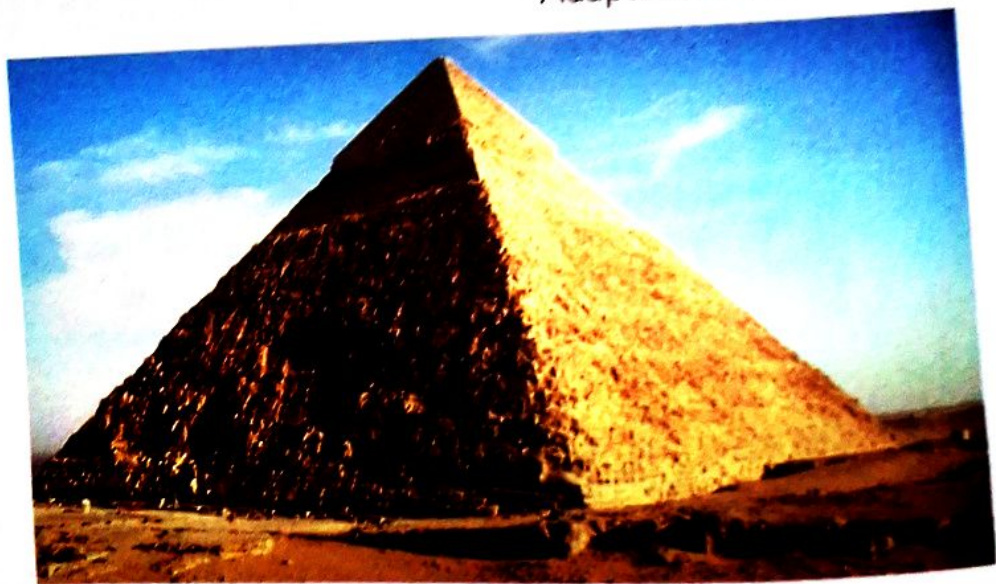
## 1. Poliedros

### 1.1. Noção e classificação de poliedros

O maior sólido geométrico construído pelo Homem é a Grande Pirâmide do Egito e foi construído há mais de 4 mil anos. Esta construção é uma das sete maravilhas do Mundo que chegou quase intacta aos nossos dias.

Os egípcios construíram cerca de 80 estruturas do tipo desta pirâmide, que é a maior de todas. Ela é comparável, em altura, a um prédio de 40 andares e cobre uma área de mais de 520 decâmetros quadrados. Foi feita com mais de 2 milhões de blocos de pedra, pesando cada um deles entre 2 e 150 toneladas.

Adaptado de H. Jacobs, *Geometry*

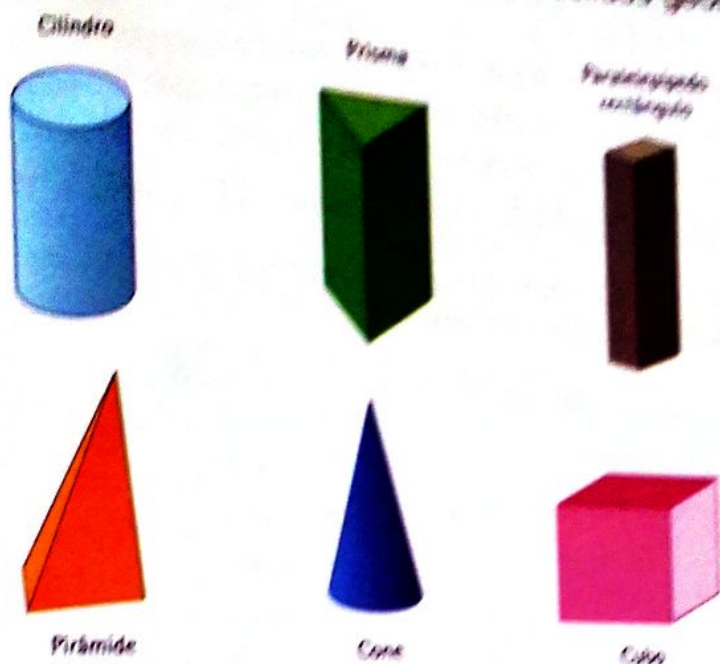


No nosso quotidiano, deparamo-nos com objectos que nos fazem lembrar sólidos geométricos.





Na figura seguinte podemos observar os sólidos geométricos já estudados.



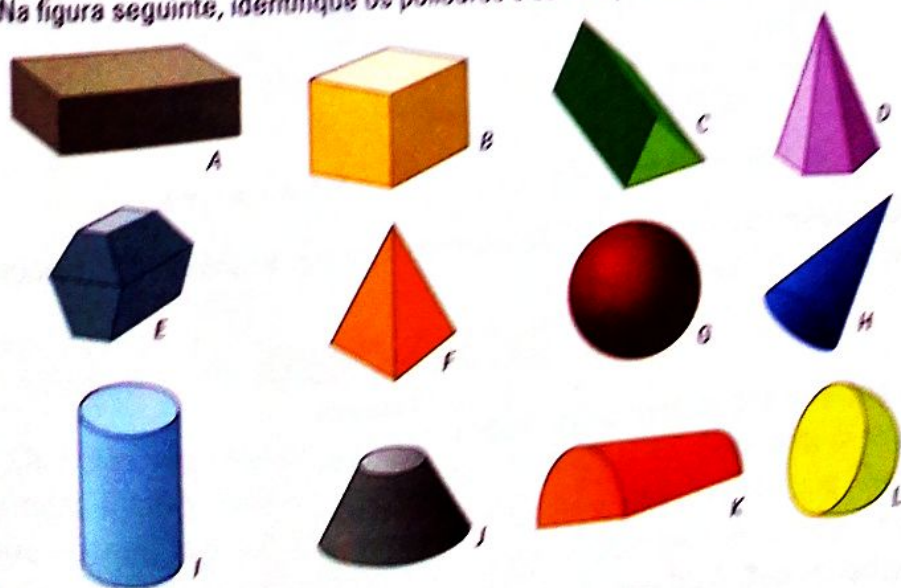
Existem sólidos limitados apenas por superfícies planas, outros limitados apenas por superfícies curvas e, ainda, outros limitados por superfícies planas e curvas.

De acordo com a sua superfície, os sólidos classificam-se em poliedros e não-poliedros.

**Os poliedros** são sólidos geométricos limitados apenas por superfícies planas.

#### EXEMPLO:

Na figura seguinte, identifique os poliedros e os não-poliedros.



#### Resolução

Poliedros: A, B, C (prismas), D, F (pirâmides) e E;  
 Não-poliedros: I (cilindro), G (esfera), H, J, K e L.



Os elementos de um poliedro são as faces, as arestas e os vértices, tais que:

- as faces são as figuras planas que limitam o sólido;
- as arestas são os segmentos de recta que limitam as faces;
- os vértices são os pontos de encontro das arestas.

Um cubo, por exemplo, tem 6 faces, 12 arestas e 8 vértices.

As faces de um poliedro são polígonos que têm nomes especiais conforme o seu número de lados.

| Número de lados | Nome do polígono |
|-----------------|------------------|
| 3               | Triângulo        |
| 4               | Quadrilátero     |
| 5               | Pentágono        |
| 6               | Hexágono         |
| 7               | Heptágono        |
| 8               | Octógono         |
| 9               | Eneágono         |
| 10              | Decágono         |

**OBSERVAÇÃO:**

No final do livro, encontram-se planificações de alguns sólidos geométricos que lhe permitirá uma melhor consolidação dos conteúdos abordados nesta unidade.

Observando os poliedros da figura seguinte verifica-se que o primeiro sólido geométrico, ao contrário do segundo, fica totalmente do mesmo lado do plano que contém qualquer uma das suas faces. Neste caso, o poliedro diz-se **convexo**, caso contrário, designa-se por **côncavo**.



Poliedro convexo



Poliedro côncavo

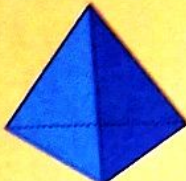
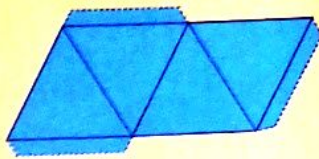
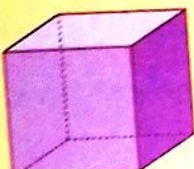
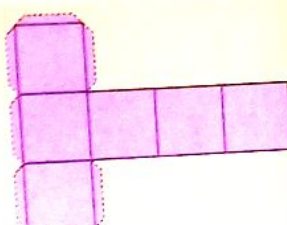
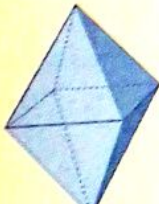
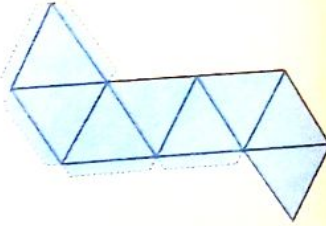
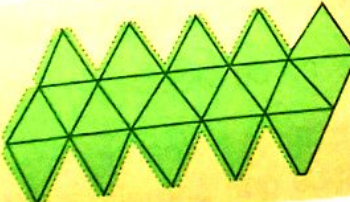
Os poliedros convexos possuem nomes especiais de acordo com o seu número de faces.

| Número de faces | Classificação |
|-----------------|---------------|
| 4               | Tetraedro     |
| 5               | Pentaedro     |
| 6               | Hexaedro      |
| 7               | Heptaedro     |
| 8               | Octaedro      |
| 12              | Dodecaedro    |
| 20              | Icosaedro     |



Um poliedro convexo diz-se **regular** se todas as suas faces são polígonos regulares geometricamente iguais nos quais em cada um dos seus vértices, encontra-se o mesmo número de arestas.

Na tabela seguinte encontram-se os cinco poliedros regulares existentes com a respectiva planificação.

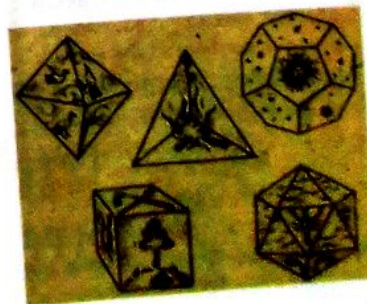
| Poliedro regular                                                                                       | Planificação                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Tetraedro         |     |
| <br>Cubo ou Hexaedro |    |
| <br>Octaedro        |  |
| <br>Dodecaedro      |  |
| <br>Icosaedro       |  |

#### UM POUCO DE HISTÓRIA...

Em 1597, os poliedros regulares inspiraram Kepler, astrónomo alemão do século XVIII no estudo do movimento dos seis planetas conhecidos (Mercúrio, Vénus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno). Kepler imaginou um modelo do Sistema Solar composto por esferas concêntricas separadas umas das outras por um cubo, um tetraedro, um dodecaedro, um octaedro e um icosaedro.



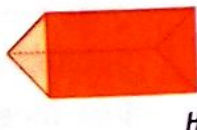
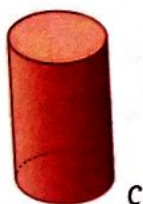
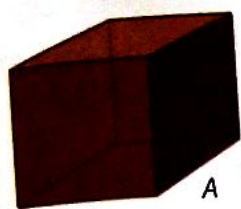
Os poliedros regulares são também conhecidos por sólidos platónicos. Platão, filósofo grego do século II a. C., concebia o mundo como sendo constituído por quatro elementos básicos: a Terra, o Fogo, o Ar e a Água. Numa associação cheia de misticismo, Platão fez corresponder o cubo à Terra, o tetraedro ao Fogo, o octaedro ao Ar e o icosaedro à Água. O quinto sólido, o dodecaedro, foi considerado por Platão como símbolo do Universo.





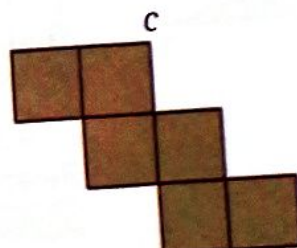
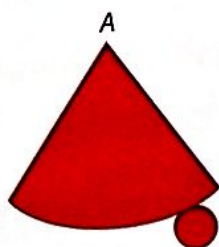
Exercício n.º 2

1. Considere os sólidos geométricos a seguir representados.



Indique, pela letra correspondente, aqueles que:

- são poliedros;
  - são não-poliedros;
  - têm igual número de faces planas;
  - têm igual número de vértices;
  - têm igual número de arestas;
  - têm igual número de faces.
- Poderá existir:
    - um prisma com sete faces?
    - um prisma em que as faces sejam todas triangulares?
    - uma pirâmide com um número ímpar de arestas?
  - Qual é o nome:
    - do prisma que tem 12 vértices?
    - da pirâmide que tem 9 vértices?
    - de um prisma com 15 arestas?
  - Ligue cada planificação ao nome do sólido geométrico correspondente.



Cubo

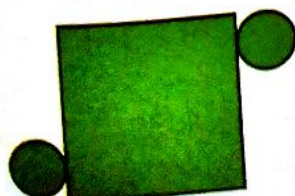
Pirâmide hexagonal

Cilindro

Pirâmide quadrangular

Paralelepípedo

Cone



D

E

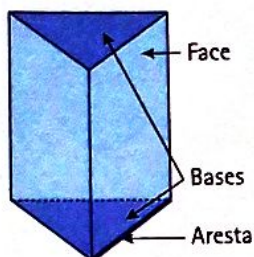
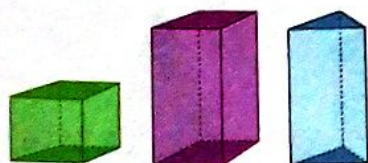
F



## 2. Prismas

### 2.1. Noção e classificação de um prisma

Um **prisma** é um poliedro em que as bases são dois polígonos geometricamente iguais e paralelos e as faces laterais são paralelogramos.



Num prisma podemos considerar:

- duas faces triangulares que são as bases do prisma e são geometricamente iguais;
- três faces laterais que são paralelogramos (rectângulo no caso do prisma recto) e formam a **superfície lateral**;
- os lados das bases são as arestas das bases e as restantes arestas são as arestas laterais.

Num prisma, o número de faces laterais é igual ao número de arestas das bases.

Um **prisma recto** é um prisma em que as arestas laterais são perpendiculares aos planos das bases e as faces laterais são sempre rectângulos. Caso contrário, o prisma diz-se **obliquo**.



Prisma recto

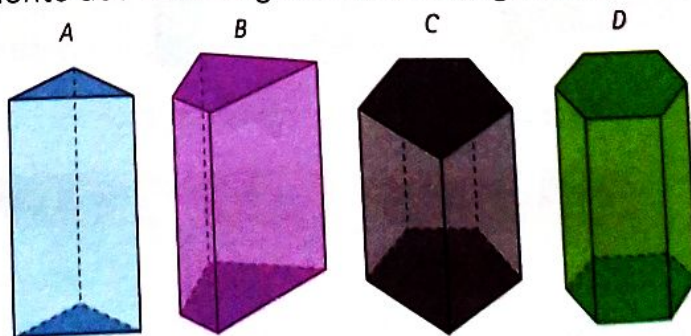


Prisma obliquo

Se as bases são polígonos regulares, então trata-se de um prisma regular. Quando tal acontece, as faces laterais são todas geometricamente iguais.

Um **prisma regular** é um prisma recto cujas bases são polígonos regulares.

A classificação do prisma depende do polígono da base. Relativamente aos sólidos geométricos seguintes:



podemos dizer que:

- A:** Prisma triangular (as bases são triângulos);
- B:** Prisma quadrangular (as bases são quadriláteros);
- C:** Prisma pentagonal (as bases são pentágonos);
- D:** Prisma hexagonal (as bases são hexágonos).



## 1.2 Paralelepípedo e cubo

No dia-a-dia encontramos vários exemplos de paralelepípedos: uma caixa de fósforos, uma caixa de sapatos, um livro, uma caixa sonora, uma gaveta, uma mala, um tijolo, etc.

Um **paralelepípedo** é um prisma em que todas as faces são paralelogramos.

Um prisma recto cujas bases são rectângulos designa-se por **paralelepípedo rectângulo**.

Em qualquer paralelepípedo rectângulo verifica-se que:

- as seis faces são rectângulos geometricamente iguais e paralelos dois a dois;
- as arestas que têm um vértice comum são perpendiculares duas a duas;
- o comprimento, a largura e a altura são as três dimensões do paralelepípedo.

Consideremos o paralelepípedo representado ao lado, onde:

- $d$  designa-se por **diagonal facial** tal que, aplicando o Teorema de Pitágoras ao triângulo  $[QPR]$ ,  $d^2 = a^2 + b^2$ ;
- $D$  designa-se por **diagonal espacial** ou simplesmente **diagonal** e trata-se de um segmento de recta cujas extremidades são dois vértices do paralelepípedo que não pertencem à mesma face.

Aplicando o Teorema de Pitágoras ao triângulo  $[PRV]$  vem que:

$$\overline{PV}^2 = \overline{PR}^2 + \overline{RV}^2 \Leftrightarrow D^2 = d^2 + c^2 \Leftrightarrow D^2 = a^2 + b^2 + c^2.$$

O quadrado da **diagonal** de um paralelepípedo rectângulo é igual à soma dos quadrados das suas três dimensões.

### EXEMPLOS:

1. Sabendo que as dimensões  $a$ ,  $b$  e  $c$  de um paralelepípedo são tais que  $a = 2b$ ,  $c = 3b$  e  $D = 2\sqrt{7}$  cm, calcule  $a$ ,  $b$  e  $c$ .
2. Sabendo que a diagonal de um cubo mede 24 dm, calcule a medida da aresta.

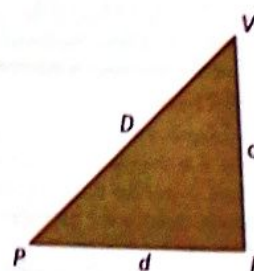
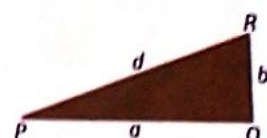
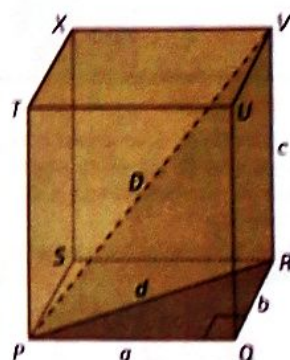
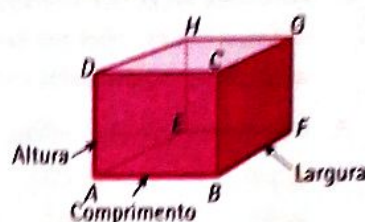
### Resolução

1. Como  $D^2 = a^2 + b^2 + c^2$ , então:

$$\begin{aligned} (2\sqrt{7})^2 &= (2b)^2 + b^2 + (3b)^2 \Leftrightarrow 28 = 4b^2 + b^2 + 9b^2 \\ &\Leftrightarrow 28 = 14b^2 \Leftrightarrow b^2 = 2 \Leftrightarrow b = \sqrt{2} \text{ cm.} \end{aligned}$$

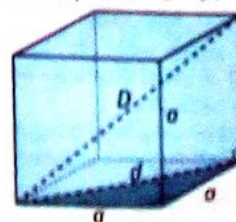
$$\text{Assim, } a = 2\sqrt{2} \text{ cm, } b = \sqrt{2} \text{ cm e } c = 3\sqrt{2} \text{ cm.}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Como } D^2 &= 3a^2, \text{ então } 3a^2 = 24^2 \Leftrightarrow 3a^2 = 576 \Leftrightarrow a^2 = \frac{576}{3} \\ &\Leftrightarrow a = \sqrt{192} \Leftrightarrow a = 8\sqrt{3} \text{ dm.} \end{aligned}$$



### OBSERVAÇÃO:

No caso particular do cubo,  $D^2 = 3a^2$ , pois  $a = b = c$ .





**Exercício n.º 3**

1. a) Copie e complete a tabela seguinte.

| Prisma                           | Triangular | Quadrangular | Pentagonal | Hexagonal | Heptagonal |
|----------------------------------|------------|--------------|------------|-----------|------------|
| N.º de lados do polígono da base |            |              |            |           |            |
| N.º de faces                     |            |              |            |           |            |

b) Que relação existe entre o número de faces do prisma e o número de lados do polígono da base?

2. Considere um prisma pentagonal regular.

a) Quais são os polígonos das bases do prisma?

c) Quais são os polígonos das faces laterais do prisma?

b) Quantas faces, arestas e vértices tem o prisma?

d) As faces laterais podem ser triângulos?

3. Observe o paralelepípedo rectângulo representado ao lado e calcule:

a)  $\overline{HD}$ ;

b)  $\overline{CD}$ ;

c)  $\overline{FG}$ ;

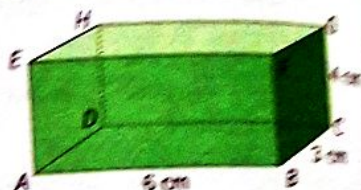
d)  $\overline{BD}$ ;

e)  $\overline{BE}$ ;

f)  $\overline{AE}$ ;

g)  $\overline{BH}$ ;

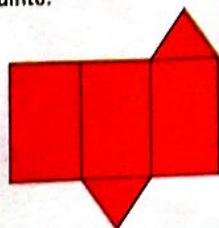
h)  $\overline{CF}$ .



**OBSERVAÇÃO:**

O cálculo da área lateral e da área total de um sólido simplifica-se se planificarmos a sua superfície.

Área total do prisma triangular seguinte:

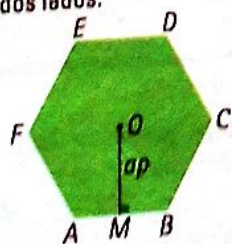


$$A_l = 3A_{\square} \text{ e } A_b = 2A_{\triangle}$$

$$A_T = A_l + A_b = 3A_{\square} + 2A_{\triangle}$$

**OBSERVAÇÃO:**

O apótema de um polígono regular é o segmento de recta que une o centro do polígono ao ponto médio de qualquer um dos lados.



[OM] é um apótema do hexágono [ABCDEF].

A área de um polígono regular é dada pela seguinte expressão:

$$A = \frac{P}{2} \times ap$$

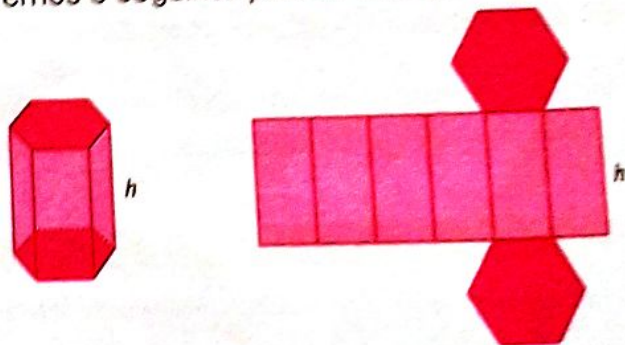
**2.3. Áreas e volumes de prismas**

A área de um sólido geométrico é a soma das áreas das superfícies planas ou curvas que o limitam.

A área lateral ( $A_l$ ) de um sólido é a área da sua superfície lateral.

A área total ( $A_T$ ) de um sólido é a soma da área lateral com a área da(s) base(s).

Consideremos o seguinte prisma hexagonal e sua planificação.



Área lateral do prisma recto:  $A_l = P_b \times h$

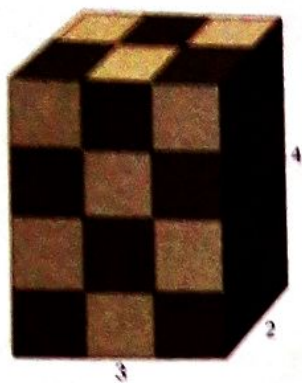
Área da base de um polígono regular:  $A_b = \frac{P_b}{2} \times ap$

Área total  $A_T = A_l + 2A_b = P_b \times h + 2 \times \frac{P_b}{2} \times ap = P_b \times (h + ap)$

A área total de um prisma regular é igual ao produto do perímetro da base pela soma da altura com o apótema da base, isto é:

$$A_T = P_b \times (h + ap)$$





Num paralelepípedo rectângulo em que  $c = 3 \text{ cm}$ ,  $\ell = 2 \text{ cm}$  e  $h = 4 \text{ cm}$ , podemos obter  $3 \times 2 \times 4$  cubos com  $1 \text{ cm}^3$  cada um, por isso, o volume do paralelepípedo é:

$$V = 3 \times 2 \times 4 \times 1 = 24 \text{ cm}^3$$

No caso geral, para qualquer paralelepípedo rectângulo, a área da base é  $A_b = c \times \ell$ , pelo que o seu volume será:

$$V = c \times \ell \times h$$

No caso particular em que o paralelepípedo é um cubo,  $c = \ell = h$ , pelo que,

$$V = h \times h \times h,$$

ou seja,

$$V = h^3.$$

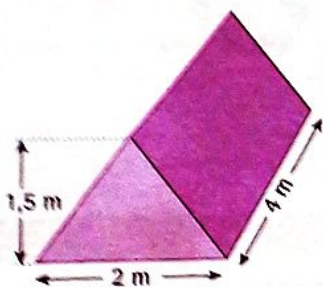
**O volume de um prisma é igual ao produto da área da base pela sua altura, ou seja,  $V = A_b \times h$ .**

#### EXEMPLO:

Calcule o volume do prisma triangular representado ao lado.

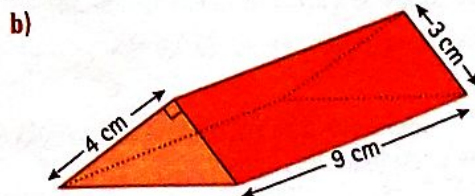
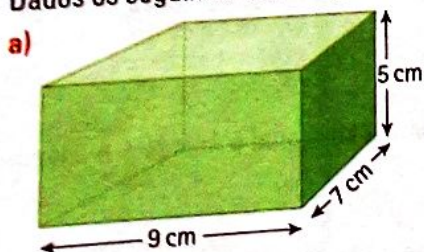
#### Resolução

Como  $A_b = \frac{b \times h}{2} = \frac{2 \times 1,5}{2} = 1,5 \text{ m}^2$ , então  $V = A_b \times h = 1,5 \times 4 = 6 \text{ m}^3$ .



#### Exercício n.º 5

- Um cubo metálico com 12 cm de aresta foi fundido e com a mesma matéria formou-se um paralelepípedo rectângulo com 16 cm de comprimento e 9 cm de largura. Calcule a altura do paralelepípedo.
- Calcule o volume de um paralelepípedo rectângulo em que  $a$ ,  $b$  e  $c$  são as suas dimensões em centímetros.
  - $a = 3$ ,  $b = 6$  e  $c = 8$
  - $a = 3k$ ,  $b = 2k$  e  $c = 5k$ , com  $k > 0$
  - $a = 2\sqrt{3}$ ,  $b = \sqrt{3}$  e  $c = 5$
- Calcule o volume de um prisma hexagonal regular com  $4\sqrt{3} \text{ cm}$  de altura e que tem  $144 \text{ cm}^2$  de área lateral.
- Dados os seguintes sólidos geométricos, determine os seus volumes.

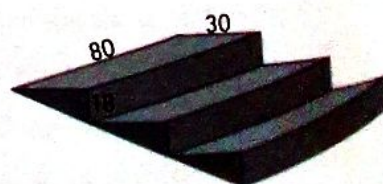


- Na figura estão representados três degraus de uma escada de cimento. Cada degrau é um prisma triangular com as dimensões indicadas em centímetros.

a) Qual é o volume de cada degrau?

b) Se a escada tiver 18 degraus, qual é o volume de cimento necessário para construir a escada?

c) Se os degraus tivessem 1 m de comprimento, em vez dos 80 cm, que quantidade de cimento seria necessária para uma escada com 18 degraus?

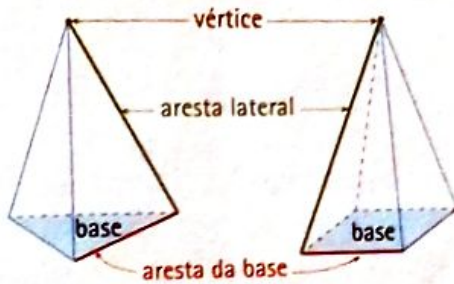




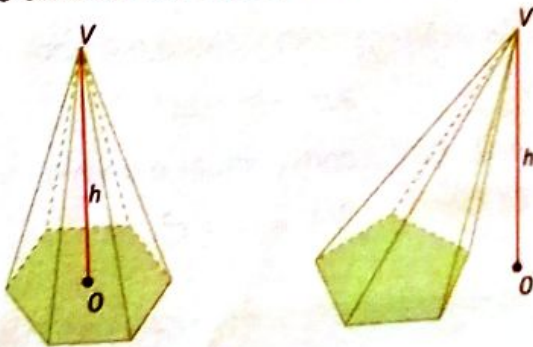
### 3. Pirâmides

#### 3.1. Noção e classificação de uma pirâmide

Uma **pirâmide** é um poliedro em que uma das faces (a base) é um polígono qualquer e as restantes (faces laterais) são triângulos que têm um vértice comum (o vértice da pirâmide).



Na figura seguinte, indicam-se os segmentos  $[VO]$ , cujas medidas são as alturas das duas pirâmides.



Numa pirâmide recta:

- as arestas da base são iguais, assim como as arestas laterais;
- as faces laterais são triângulos isósceles geometricamente iguais;
- a altura é a distância do vértice ao centro da base.

As pirâmides classificam-se de acordo com a forma da respectiva base, como vimos nos prismas.



pirâmide triangular



pirâmide quadrangular



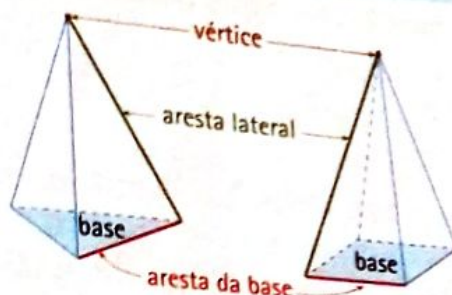
pirâmide hexagonal



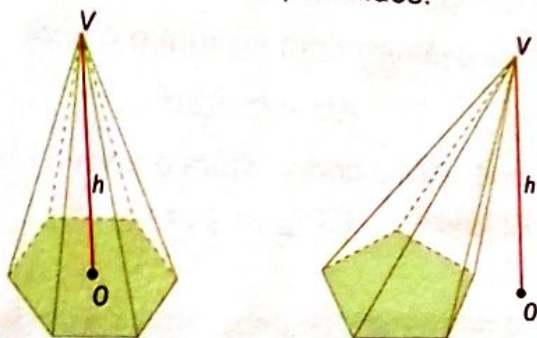
## 1. Pirâmides

### 3.1. Noção e classificação de uma pirâmide

Uma **pirâmide** é um poliedro em que uma das faces (a base) é um polígono qualquer e as restantes (faces laterais) são triângulos que têm um vértice comum (o vértice da pirâmide).



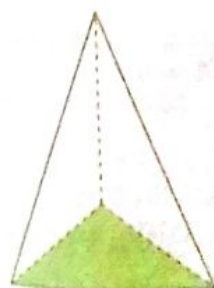
Na figura seguinte, indicam-se os segmentos  $[VO]$ , cujas medidas são as alturas das duas pirâmides.



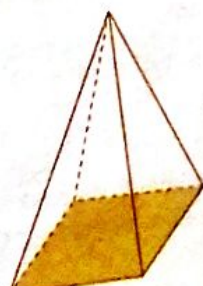
Numa pirâmide recta:

- as arestas da base são iguais, assim como as arestas laterais;
- as faces laterais são triângulos isósceles geometricamente iguais;
- a altura é a distância do vértice ao centro da base.

As pirâmides classificam-se de acordo com a forma da respectiva base, como vimos nos prismas.



pirâmide triangular



pirâmide quadrangular



pirâmide hexagonal



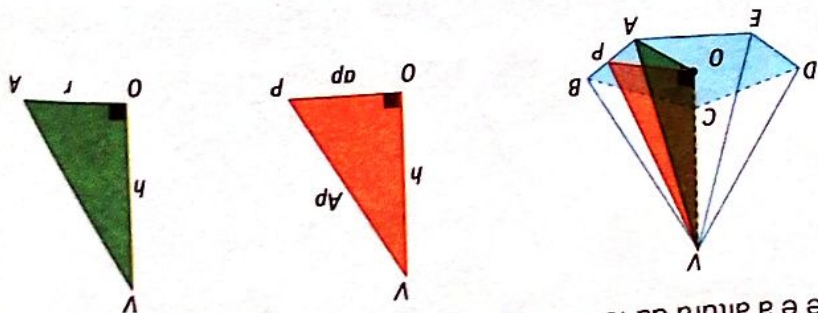
## 3.2. Áreas e volumes de pirâmides

Consideremos a pirâmide hexagonal representada ao lado.

Seja  $P$  o ponto médio de uma aresta da base da pirâmide regular de vértice  $V$  e centro de base  $O$ :

- $OP$  é a medida do apótema da base representada por  $ap$ ;
- $VP$  é a medida do apótema da pirâmide representada por  $Ap$ ;

e é a altura da face lateral a que pertence.



O Teorema de Pitágoras permite relacionar:

– o apótema da pirâmide com a altura e o apótema da base:

$$Ap^2 = h^2 + ap^2$$

– a aresta lateral,  $[VA]$ , com a altura e com o raio da base,  $r$ :

$$VA^2 = h^2 + r^2$$

A aresta da base e a altura de uma pirâmide hexagonal regular medem, respectivamente, 10 cm e 24 cm.

Sabendo que num hexágono regular de lado  $\ell$ , raio  $r$  e apótema  $ap$ , temos  $r = \ell$  e  $ap = \sqrt{3}\ell$ , calcule:

a) a medida da aresta lateral;

b) as medidas do apótema da base e do apótema da pirâmide.

## Resolução

a) Consideremos a pirâmide hexagonal regular representada ao lado.

Atendendo a que  $r = \ell = 10$  cm,

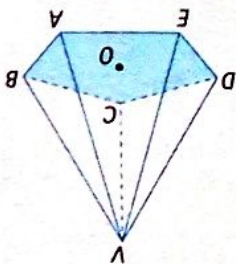
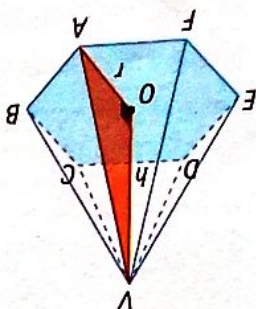
$$VA^2 = h^2 + r^2 \Rightarrow VA^2 = 24^2 + 10^2 \Rightarrow VA^2 = 676$$

pelo que,  $VA = 26$  cm.

b) Sabendo que  $r = \ell = 10$ , o apótema da base mede  $ap = 10\sqrt{3}$  cm. O apótema da pirâmide é a hipotenusa do triângulo rectângulo  $[VOP]$ , em que  $P$  é o ponto médio de  $[AB]$ :

$$Ap^2 = h^2 + ap^2 \Rightarrow Ap^2 = 24^2 + (10\sqrt{3})^2 \Rightarrow Ap^2 = 876$$

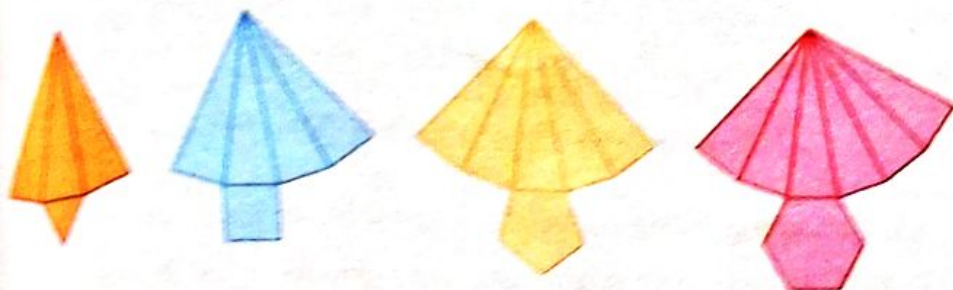
pelo que,  $Ap = \sqrt{876} \approx 29,6$  cm.



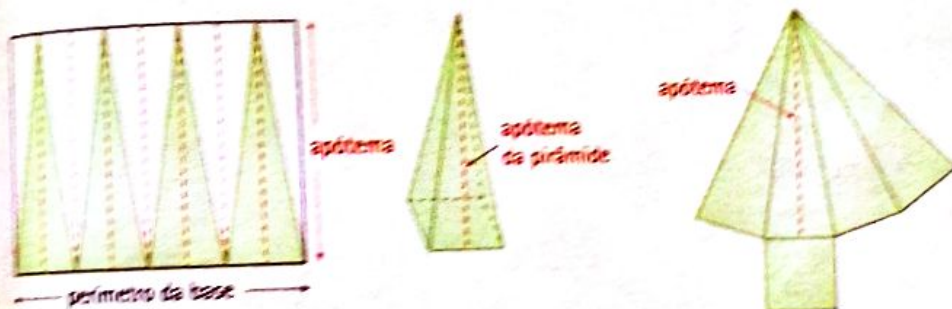


Para calcular a área total de uma pirâmide regular podemos recorrer à sua planificação.

Na figura seguinte estão várias planificações de pirâmides.



A área lateral da pirâmide é a soma das áreas das suas faces laterais que são triângulos isósceles geometricamente iguais. A altura destes triângulos é o apótema da pirâmide.



A área lateral da pirâmide é metade do produto do perímetro da base da pirâmide pelo seu apótema:

$$A_l = \frac{P_b}{2} \times ap$$

A área total da pirâmide é igual à soma da área lateral com a área da base:

$$A_T = A_l + A_b$$

#### EXEMPLO:

Calcule a área total da seguinte pirâmide cujas medidas estão em centímetros.

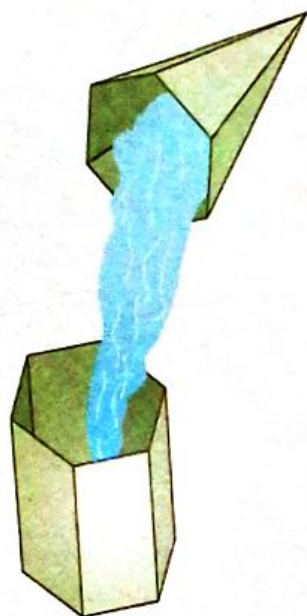
$$A_b = 5 \times 5 = 25 \text{ cm}^2$$

$$A_l = 4 \times \frac{5 \times 9}{2} = 4 \times 22,5 = 90 \text{ cm}^2$$

$$A_T = A_l + A_b = 90 + 25 = 115 \text{ cm}^2$$







Consideremos, um prisma e uma pirâmide, com a mesma altura e bases iguais. Se a pirâmide estiver cheia de água, e a virarmos para dentro do prisma, para a enchermos completamente, é necessário repetir esta operação três vezes.

Assim, o volume de uma pirâmide é a terça parte do volume de um prisma nas condições referidas, ou seja:

$$V_{\text{pirâmide}} = \frac{1}{3} \quad \text{e} \quad V_{\text{prisma}} = \frac{1}{3} \times A_b \times h.$$

O volume de uma pirâmide é igual a um terço do produto da área da base pela sua altura, ou seja,  $V = \frac{1}{3} \times A_b \times h$ .

#### EXEMPLO:

Calcule o volume da seguinte pirâmide representada ao lado.

Resolução

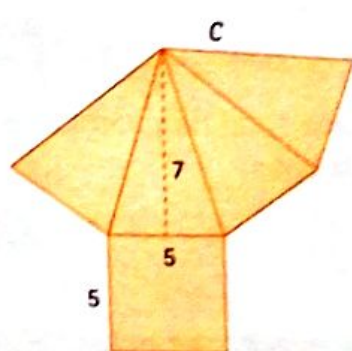
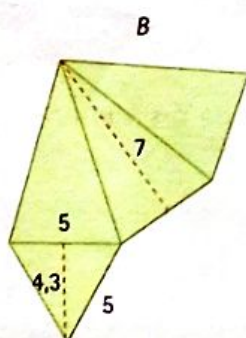
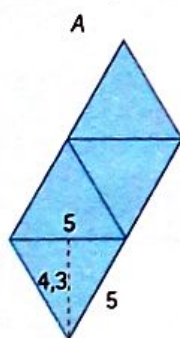
$$A_b = 5 \times 5 = 25 \text{ cm}^2$$

$$V = \frac{1}{3} \times 25 \times 8,7 = 72,5 \text{ cm}^3$$



#### Exercício n.º 6

- As planificações seguintes representam pirâmides regulares. Calcule a área lateral e a área total de cada uma das pirâmides representadas cujas medidas estão em centímetros.



- Calcule a altura e o apótema de uma pirâmide quadrangular regular em que cada uma das arestas mede 10 cm.
- Uma pirâmide quadrangular regular tem 10 cm de diagonal da base e 12 cm de altura. Calcule:
  - o perímetro da base;
  - a medida da aresta lateral;
  - o apótema da pirâmide.
- A Grande Pirâmide do Egito é uma pirâmide quadrangular recta regular com 146 metros de altura e em que o comprimento do lado da base é, aproximadamente, 230 metros. Qual o volume aproximado desta pirâmide?
- Calcule a altura de uma pirâmide com  $32 \text{ cm}^3$  de volume e  $16 \text{ cm}^2$  de área da base.



## 4. Sólidos de revolução

### 4.1. Noção de sólidos de revolução

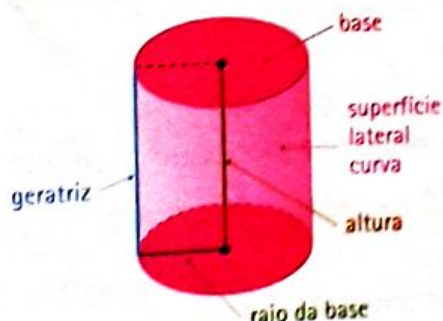
Depois do estudo de sólidos limitados exclusivamente por superfícies planas denominados por poliedros, estudaremos os sólidos que são limitados parcial ou totalmente por superfícies curvas, ou seja, os não-poliedros, como é o caso dos cilindros, dos cones, das esferas, etc.



#### 4.1.1. Cilindros

Uma lata de leite, um rolo de películas fotográficas, um tubo de comprimidos são alguns modelos de cilindros.

Os elementos de um cilindro recto são os seguintes:



Consideremos o rectângulo  $[ABCD]$  e o eixo de rotação  $AD$ . Quando o rectângulo roda em torno do eixo até dar uma volta completa, descreve no espaço um sólido de revolução que é um cilindro circular recto ou, simplesmente, cilindro de revolução. As bases são círculos e o segmento  $[BC]$  – geratriz – é perpendicular às bases.

#### UM POUCO DE HISTÓRIA...

Arquimedes de Siracusa (287-212 a. C.) foi um dos mais importantes cientistas e matemáticos da Antiguidade e de todos os tempos.

Arquimedes fez descobertas importantes em geometria e matemática, como, por exemplo, um método para calcular o número  $\pi$  utilizando séries. Obteve as fórmulas da área e do perímetro do círculo, do volume do cone, do cilindro e da esfera, referindo-os no tratado "Sobre a esfera e o cilindro".

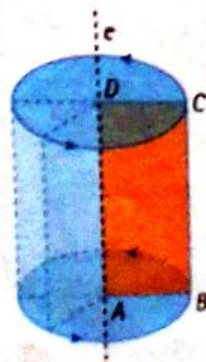
Arquimedes pediu para que no seu túmulo fosse esculpida uma representação de uma esfera inscrita num cilindro.



Arquimedes de Siracusa (287-212 a. C.)

#### OBSERVAÇÃO:

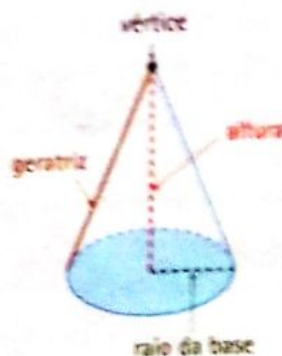
Apenas os cilindros rectos são cilindros de revolução, pois a geratriz é perpendicular às bases do cilindro gerando toda a superfície lateral. Neste caso, a sua altura é igual ao comprimento da geratriz.



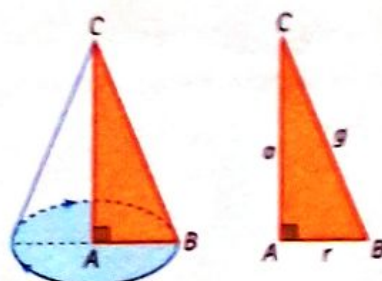


## 4.1.2. Cones

Os elementos de um cone recto são:



Consideremos o triângulo  $[ABC]$  rectângulo em  $A$ .



Quando o triângulo roda em torno do eixo  $AC$  até completar uma volta, gera no espaço um sólido de revolução que é um **cone circular recto** ou, simplesmente, **cone de revolução**. A base é um círculo de raio  $[AB]$  e todas as geratrizes são geometricamente iguais a  $[BC]$ .

O Teorema de Pitágoras permite relacionar as medidas da geratriz ( $g$ ), do raio da base ( $r$ ) e da altura ( $h$ ) do cone tal que:

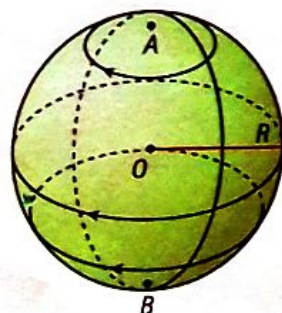
$$g^2 = h^2 + r^2.$$

## 4.1.3. Esferas

Uma bola de futebol, um globo, um berlinde são exemplos do dia-a-dia de esferas.

Tal como a circunferência limita um círculo, uma esfera é limitada por uma superfície esférica.

Dado o ponto  $O$  e um comprimento  $R$  na figura representada ao lado:



- a superfície esférica de centro  $O$  e raio  $R$  é o conjunto dos pontos do espaço cuja distância ao ponto  $O$  é igual a  $R$ ;
- a esfera de centro  $O$  e raio  $R$  é o conjunto dos pontos do espaço cuja distância ao ponto  $O$  é menor ou igual a  $R$ .



Consideremos um semicírculo de diâmetro  $[AB]$  e centro  $O$  representados na figura. Quando o semicírculo roda em torno do eixo  $AB$  até completar uma volta, gera no espaço um sólido de revolução que é uma esfera. A semicircunferência correspondente gera a superfície esférica que limita a esfera.

### Exercício n.º 7

- Um cilindro de revolução é gerado por um rectângulo com  $36 \text{ cm}^2$  de área. Sabendo que a área de cada uma das bases do cilindro mede  $28,26 \text{ cm}^2$ , calcule o raio da base e a altura do cilindro.
- Um triângulo rectângulo em que a hipotenusa mede  $13 \text{ cm}$  e um dos catetos mede  $5 \text{ cm}$ , roda em torno do cateto maior e gera um cone. Calcule as medidas do raio da base, da geratriz e a altura do cone.
- Calcule a área da base de um cone em que a altura mede  $12 \text{ cm}$  e a geratriz  $13 \text{ cm}$ .
  - Indique o conjunto dos pontos do espaço que distam não mais que  $8 \text{ cm}$  de um ponto  $P$ .
- Indique qual o sólido de revolução gerado por rotação de cada uma das seguintes figuras, em torno do eixo  $XY$ :
  - triângulo  $[XYZ]$ , rectângulo em  $Y$ ;
  - rectângulo  $[XYZW]$ ;
  - semicírculo de diâmetro  $[XY]$ ;
  - triângulo  $[XYZ]$ , rectângulo em  $Z$ .

## 4.2. Áreas do cilindro, do cone e da esfera

A área total de um cilindro ou de um cone, é igual à soma das áreas da superfície lateral com a área das bases ou da base no caso do cone.

### 4.2.1. Cilindro

Nos cilindros, as bases são círculos geometricamente iguais de área igual a  $2\pi r^2$ . A superfície lateral equivale a um rectângulo cujo comprimento é o perímetro da circunferência ( $2\pi r$ ) e a largura é a altura do cilindro ( $h$ ).

Área total:

$$A_T = A_l + A_b = 2\pi r \times h + 2(\pi r^2) = 2\pi r(h + r)$$

### EXEMPLO:

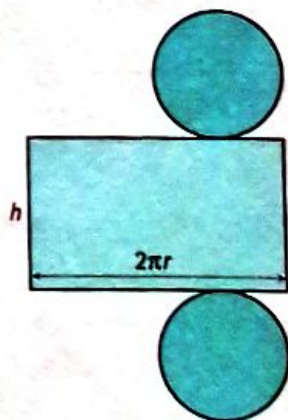
A altura de um cilindro de revolução é o triplo do diâmetro  $D$  da base.

- Calcule a área lateral em função de  $D$ .
- Calcule a área total em função de  $D$ .

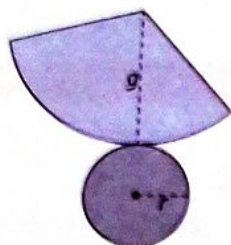
### Resolução

a) Seja  $r = \frac{D}{2}$  e  $h = 3D$ ,  $A_l = 2\pi r \times h = 2 \times \pi \times \frac{D}{2} \times 3D = \pi \times D \times 3D = 3\pi D^2$ .

b)  $A_T = 2\pi r(h + r) = 2\pi \frac{D}{2} \left( 3D + \frac{D}{2} \right) = 2\pi \frac{D}{2} \times \frac{7}{2} D = \frac{7}{2} \pi D^2$







#### 4.2.2. Cone

Nos cones, a base é um círculo cuja área é  $\pi r^2$  e a superfície lateral é um sector circular cujo comprimento do arco é igual ao perímetro da base e o seu raio é a geratriz do cone.

Desta forma:

$$A_l = \frac{1}{2} 2\pi r g \Leftrightarrow A_l = \pi r g$$

e

$$A_t = \pi r g + \pi r^2 = \pi r (g + r)$$

#### EXEMPLO:

Sabendo que a geratriz de um cone de revolução tem de comprimento 13 cm e altura igual a 12 cm, calcule a área da base e a área total do cone.

#### Resolução

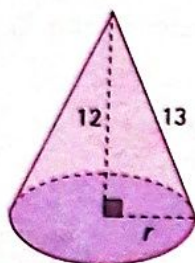
Pelo Teorema de Pitágoras aplicado ao triângulo rectângulo da figura ao lado:

$$r^2 + 12^2 = 13^2 \Leftrightarrow r^2 = 169 - 144 \Leftrightarrow r^2 = 25$$

pelo que,  $r = 5$  cm.

A área da base é:  $A_b = \pi r^2 = 3,14 \times 25 = 78,5 \text{ cm}^2$ .

A área total é:  $A_t = \pi r (g + r) = 3,14 \times 5 (13 + 5) = 15,7 \times 18 = 282,6 \text{ cm}^2$ .



#### 4.2.3. Superfície esférica

Consideremos uma superfície esférica de raio  $R$ . A área dessa superfície esférica é quatro vezes a área de um círculo que contém um diâmetro (círculo máximo), isto é:

$$A = 4\pi R^2$$

#### EXEMPLO:

Uma superfície esférica é gerada pela rotação de uma semicircunferência de 15,7 cm de comprimento, em torno do diâmetro.

a) Calcule a área dessa superfície esférica.

b) Calcule a área de um cubo inscrito na esfera.

#### Resolução

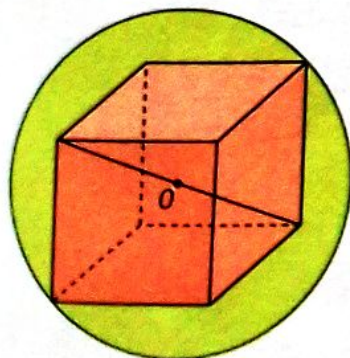
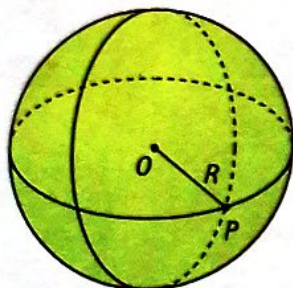
a) Raio da superfície esférica:  $\pi r = 15,7 \Leftrightarrow r = \frac{15,7}{3,14} = 5 \text{ cm}$

Área da superfície esférica:  $A = 4\pi r^2 = 4 \times 3,14 \times 5^2 = 314 \text{ cm}^2$

b) Os vértices do cubo inscrito são pontos da superfície esférica e cada diagonal  $D$  do cubo é um diâmetro da esfera. Então,  $D = 2 \times 5 = 10 \text{ cm}$ .

Como a área de um cubo de aresta  $a$  é  $A = 6a^2$  e  $D^2 = 3a^2$ , então:

$$A = 2D^2 = 2 \times 10^2 = 200 \text{ cm}^2$$





**Exercício n.º 8**

- Determine a área lateral e a área total de um cilindro recto em que:
  - $r = 5 \text{ cm}$  e  $h = 12 \text{ cm}$ ;      **b)**  $r = 0,2 \text{ cm}$  e  $h = 3,5 \text{ cm}$ .
- Calcule a altura de um cilindro com  $70\pi \text{ cm}^2$  de área lateral e  $5 \text{ cm}$  de raio de base.
  - Determine a relação entre a altura e o raio de um cilindro sabendo que a soma das áreas das bases é igual à área lateral.
- Calcule a área lateral e a área total de um cone em que:
  - $r = 2 \text{ cm}$  e  $g = 6 \text{ cm}$ ;      **b)**  $r = \sqrt{12} \text{ cm}$  e  $g = \sqrt{27} \text{ cm}$ .
- Calcule a área de uma superfície esférica cujo raio mede:
  - $3 \text{ cm}$ ;      **b)**  $\sqrt{3} \text{ cm}$ ;      **c)**  $2a \text{ cm}$ .
- Sabendo que a área de um círculo máximo de uma esfera mede  $84 \text{ cm}^2$ , calcule a área da superfície esférica correspondente.

**4.3. Volume do cilindro, do cone e da esfera**

O **volume de um cilindro** é o produto da área da base pela altura:

$$V = A_b \times h, \text{ ou seja, } V = \pi r^2 \times h.$$

O **volume de um cone** é a terça parte do produto da área da base pela altura do cone:

$$V = \frac{1}{3} \times A_b \times h, \text{ ou seja, } V = \frac{1}{3} \pi r^2 h.$$

**EXEMPLO:**

Um prisma pentagonal tem  $628 \text{ cm}^2$  de área da base e tem o mesmo volume que um cilindro de revolução com o dobro da altura.

- Calcule o raio da base do cilindro.
- Calcule o volume de uma pirâmide com a mesma base e a mesma altura do prisma pentagonal, sabendo que a altura do cilindro é  $48 \text{ cm}$ .

**Resolução**

- Seja  $h$  a altura do prisma e  $2h$  a altura do cilindro.

$$\text{Volume do prisma: } V = 628 \times h$$

$$\text{Volume do cilindro: } V = \pi r^2 \times 2h = 2\pi r^2 h$$

$$\text{Logo, } 2\pi r^2 h = 628h \Leftrightarrow r^2 = 100, \text{ pelo que, } r = 10 \text{ cm.}$$

- Como a área da base da pirâmide é  $628 \text{ cm}^2$ , a altura é  $h = 24 \text{ cm}$ , então:

$$V = \frac{1}{3} \times 628 \times 24 \Leftrightarrow V = 5024 \text{ cm}^3$$



1. Qual das seguintes afirmações é verdadeira?

- (A) Existe um prisma com 5 faces.
- (B) Existe um prisma com 4 faces.
- (C) Existe uma pirâmide com 9 arestas.
- (D) Existe uma pirâmide com 15 arestas.

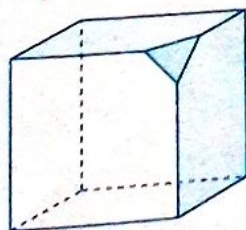
2. Indique as afirmações falsas.

- (A) Uma pirâmide hexagonal tem 6 vértices.
- (B) Um prisma com 7 faces é um prisma pentagonal.
- (C) Uma pirâmide quadrangular tem 6 faces.
- (D) Um prisma triangular tem 4 faces.

3. O Hugo e a Lufa estão a reflectir sobre questões de polígonos e de prismas. O Hugo diz que o número mínimo de faces de um prisma é 4 e que o número mínimo de lados de um polígono é 3. A Lufa discorda dizendo que com 4 faces não se consegue construir um prisma.

- a) Qual dos amigos tem razão?
- b) Qual o número mínimo de arestas que um prisma pode ter?
- c) Qual o número mínimo de vértices?

4. Verifique que a relação de Euler é válida para os seguintes poliedros.



cubo cortado



tronco de pirâmide

5. As dimensões de um paralelepípedo são proporcionais a 3, 4 e 12.

Calcule:

- a) as dimensões do paralelepípedo, supondo que a diagonal espacial é igual a 26 cm;
- b) as dimensões do paralelepípedo e a sua diagonal espacial supondo que o volume é igual a  $3888 \text{ cm}^3$ .



6. As medidas das arestas de três cubos são 1, 2 e 3, respectivamente.

a) Calcule a área total de cada cubo.

O que acontece à área total de um cubo quando a aresta duplica? E quando a aresta triplica?

b) Calcule o volume de cada cubo.

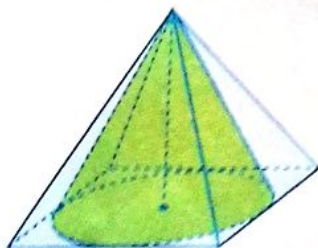
O que acontece ao volume de um cubo quando a aresta duplica? E quando a aresta triplica?

7. Calcule a área lateral de um prisma regular de base triangular em que a aresta da base e a aresta lateral medem, respectivamente, 3 cm e 12 cm.

8. Calcule a medida da aresta da base de um prisma quadrangular regular com 16 cm de altura e 20 cm de diagonal.

9. A figura ao lado representa um cone de revolução inscrito numa pirâmide quadrangular regular cuja aresta da base mede 6 cm e cujo apótema é igual a 9 cm.

Calcule a área lateral do cone.



10. Complete a tabela relativa aos elementos de vários cones de revolução.

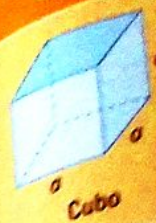
| Cones | raio | altura | geratriz | Área lateral | Área total | Volume    |
|-------|------|--------|----------|--------------|------------|-----------|
| A     | 6    | 8      |          |              |            |           |
| B     | 5    |        | 13       |              |            |           |
| C     | 2    |        |          | $12\pi$      |            |           |
| D     | 5    |        |          |              |            | $100\pi$  |
| E     |      | $3k$   |          |              |            | $\pi k^3$ |

11. Dada uma esfera de raio  $r$ , considere um cilindro de revolução com o mesmo raio e altura igual ao diâmetro da esfera. Calcule:

a) a razão entre o volume do cilindro e o da esfera;

b) a razão entre a área lateral do cilindro e a área da esfera.

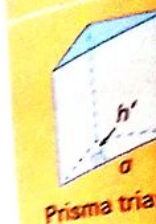
Sólidos



Cubo



Paralelepípedo rectângulo



Prisma tria



Cilindro



Cone



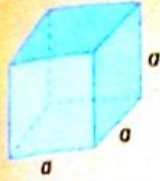
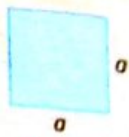
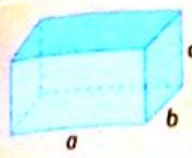
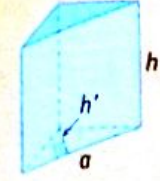
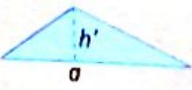
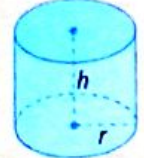
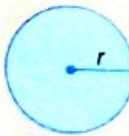
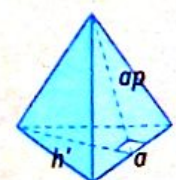
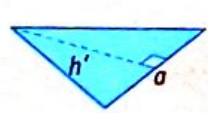
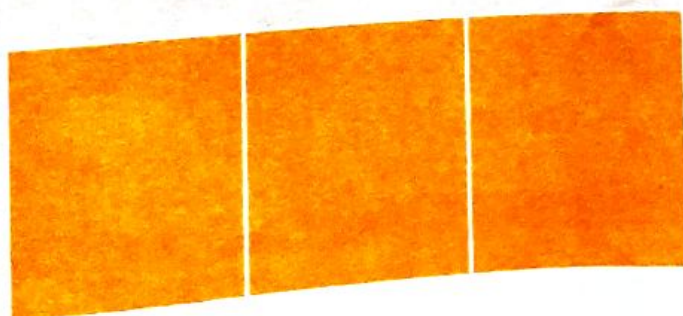
Pirâmide



Legenda  
 $A_s$  - área



# ÁREAS E VOLUMES DE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS

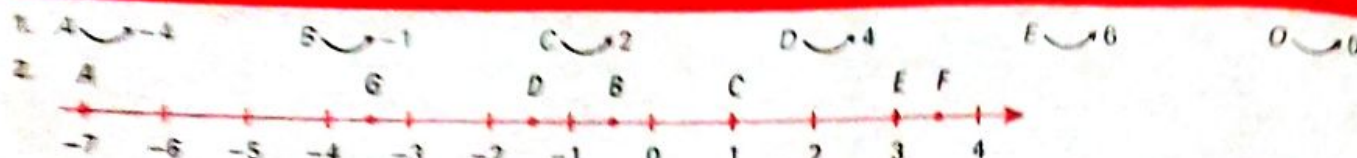
| Sólidos                                                                                                       | Bases                                                                                            | Área da base            | Área lateral                                             | Área total                                            | Volume do sólido                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <br>Cubo                     | <br>Quadrado    | $A_b = a^2$             | $A_l = 4a^2$                                             | $A_t = 6a^2$                                          | $V = A_b \times h$<br>ou<br>$V = a^3$                                      |
| <br>Paralelepípedo retângulo | <br>Retângulo   | $A_b = ab$              | $A_l = P_b \times c$<br>ou<br>$A_l = (2a + 2b) \times c$ | $A_t = A_l + 2A_b$<br>ou<br>$A_t = 2(ab + ac + bc)$   | $V = A_b \times h$<br>ou<br>$V = abc$                                      |
| <br>Prisma triangular        | <br>Triângulo   | $A_b = \frac{1}{2} ah'$ | $A_l = P_b \times h$                                     | $A_t = A_l + 2A_b$<br>ou<br>$A_t = P \times (h + ap)$ | $V = A_b \times h$<br>ou<br>$V = \frac{1}{2} ah' \times h$                 |
| <br>Cilindro               | <br>Círculo   | $A_b = \pi r^2$         | $A_l = P_b \times h$<br>ou<br>$A_l = 2\pi r \times h$    | $A_t = A_l + 2A_b$<br>ou<br>$A_t = 2\pi r(h + r)$     | $V = A_b \times h$<br>ou<br>$V = \pi r^2 \times h$                         |
| <br>Cone                   | <br>Círculo   | $A_b = \pi r^2$         | $A_l = \frac{P_b}{2} \times g$<br>ou<br>$A_l = \pi rg$   | $A_t = A_l + A_b$<br>ou<br>$A_t = \pi r(g + r)$       | $V = \frac{1}{3} A_b \times h$<br>ou<br>$V = \frac{1}{3} \pi r^2 \times h$ |
| <br>Pirâmide triangular    | <br>Triângulo | $A_b = \frac{1}{2} ah'$ | $A_l = \frac{P_b}{2} \times ap$                          | $A_t = A_l + A_b$                                     | $V = \frac{1}{3} A_b \times h$<br>ou<br>$V = \frac{1}{6} ah' \times h$     |
| <br>Esfera                 |              |                         |                                                          | $A_{\text{superfície esférica}} = 4\pi r^2$           | $V = \frac{4}{3} \pi r^3$                                                  |

Legenda:  
 $A_b$  - área da base;  $A_l$  - área lateral;  $A_t$  - área total;  $ap$  - apótema;  $g$  - geratriz;  $h$  - altura;  $P_b$  - perímetro da base;  $r$  - raio



## Exercício n.º 1

pág. 14



Ordenação dos números:  $-7 < -3,5 < -1,5 < -\frac{1}{2} < 1 < 3 < \frac{7}{2}$

3. a)  $\{-3, -2\}$       b)  $\{-\frac{4}{3}, 0,1; \frac{1}{2}, 1,3; 3,5\}$       c)  $\emptyset$   
 d) Conjunto A      e)  $\{-3, -2\}$       f)  $\{-\frac{4}{3}, 0,1; \frac{1}{2}, 1,3; 3,5\}$
4. a)  $-25$       b)  $\frac{17}{12}$       c) 18      d)  $-\frac{17}{6}$       e)  $\frac{8}{15}$       f)  $-\frac{5}{6}$
5. a)  $-\frac{7}{10}$       b)  $\frac{4}{15}$       c)  $\frac{11}{30}$       d)  $-\frac{47}{12}$       e)  $\frac{6}{5}$       f)  $-\frac{9}{2}$
6. a) 2      b)  $-4$       c)  $\frac{3}{8}$       d) 0      e) 4      f) 2

## Exercício n.º 2

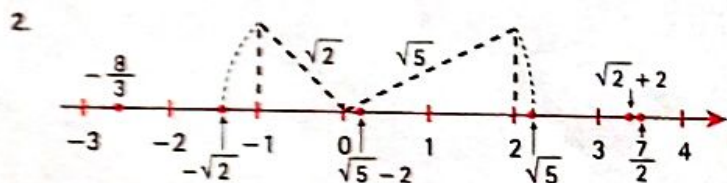
pág. 17

1. a) 625      b) 225      c) 0,0001      d) 0,0004      e)  $\frac{1}{16}$       f)  $\frac{1}{400}$
2. a) 30,25 cm<sup>2</sup>      b) 76,5625 m<sup>2</sup>      c) 2,0736 dm<sup>2</sup>      d) 5,0625 m<sup>2</sup>      e) 90,25 dm<sup>2</sup>      f) 53,5824 mm<sup>2</sup>
3. a) 0,9      b) 0,86603      c) 29,799      d) 14,799      e) 39,37
4. a)  $\sqrt{225} = 15$  e  $r = 0$ ;      b)  $\sqrt{344} = 18$  e  $r = 20$ ;      c)  $\sqrt{1350} = 36$  e  $r = 54$ ;      d)  $\sqrt{9025} = 95$  e  $r = 0$ ;      e)  $\sqrt{347\,325} = 589$  e  $r = 404$ ;      f)  $\sqrt{634\,215} = 796$  e  $r = 599$ .

## Exercício n.º 3

pág. 19

1. a) Dízima finita      b) Dízima infinita não periódica      c) Dízima infinita periódica de período igual a 3  
 d) Dízima infinita não periódica      e) Dízima infinita periódica de período igual a 6



$$-\frac{8}{3} < -\sqrt{2} < \sqrt{5} - 2 < \sqrt{5} < \sqrt{2} + 2 < \frac{7}{2}$$

3. A  $\rightarrow \sqrt{17}$  e B  $\rightarrow \sqrt{3}$ .

## Exercício n.º 4

pág. 22

1. a) 4,5144      b) 4,6416      c) 9      d)  $\frac{2}{3}$       e)  $-4$       f)  $-\frac{5}{3}$
2. a)  $2^{\frac{5}{3}}$       b)  $a^{\frac{4}{3}}$       c)  $2^{\frac{3}{4}}$       d) b      e) a      f) 5
3. a) 4      b) 1000      c)  $-\frac{5}{4}$       d) 10,56      e) 1,97      f) 2,16
4. a) 4,55      b) 6,63      c) 6,28      d) 10,56      e) 1,97      f) 2,16

## Exercício n.º 5

pág. 25

1. a)  $\sqrt[3]{1250}$       b)  $\sqrt{1800a}$       c)  $\sqrt[3]{16x^5}$       d)  $\sqrt{a^5b^2}$
2. a)  $\sqrt[4]{6}$       b)  $\sqrt[3]{2}$       c)  $\sqrt[3]{7}$       d)  $\sqrt[6]{10y^3}$       e)  $\sqrt[4]{5}$       f)  $\sqrt[4]{6}$       g)  $\sqrt[10]{y}$       h) 4
3. a) =      b) <      c) <      d) >      e) >      f) <      g) <      h) >



## Exercício n.º 6

pag. 29

- |                       |                            |                               |                             |                    |                   |
|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|
| 1. a) $5\sqrt{2}$     | b) $3\sqrt{5}$             | c) $-5\sqrt{17}$              | d) $9\sqrt{3}$              | e) $4\sqrt{2}$     | f) $-5\sqrt{2}$   |
| g) 0                  | h) $3\sqrt{3}$             | i) $2\sqrt{5}$                | j) $\frac{1}{2}$            | k) $\frac{5}{6}$   | l) 6              |
| 2. a) -13             | b) 7                       | c) -4                         | d) $\frac{1}{2}$            | e) $\frac{5}{6}$   | f) 6              |
| 3. a) $\sqrt{x}$      | b) $\frac{2\sqrt{a}+a}{a}$ | c) $-\frac{3}{2}(1-\sqrt{3})$ | d) $2\sqrt{21}$             | e) $-2\sqrt{2}$    | f) $4\sqrt{3}$    |
| 4. a) $15\sqrt[3]{9}$ | b) $9\sqrt[3]{2}$          | c) $2\sqrt[3]{21}$            | d) $2\sqrt[3]{12}$          | e) $-2\sqrt[3]{2}$ | f) $4\sqrt[3]{3}$ |
| 5. a) $\sqrt[3]{12}$  | b) $a\sqrt[3]{3}$          | c) $\sqrt[3]{270}$            | d) $\frac{2\sqrt[3]{2}}{5}$ | e) $\sqrt[3]{270}$ | f) $\frac{bc}{a}$ |
| 6. a) $24\sqrt[3]{6}$ | b) $-55\sqrt[3]{14}$       |                               |                             |                    |                   |

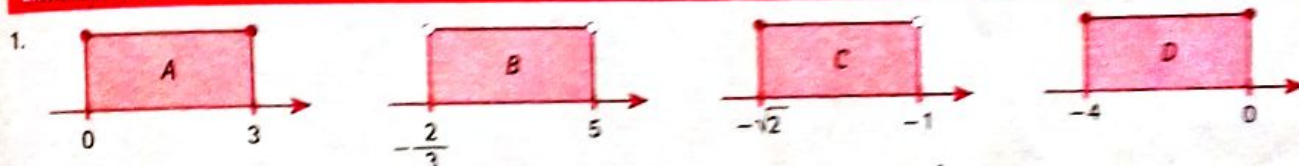
## Avaliação formativa

pag. 30/31

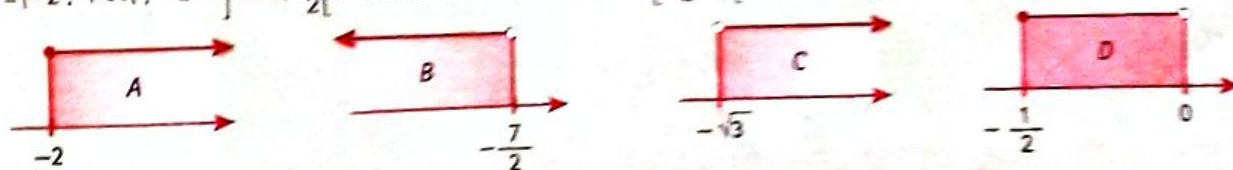
- |                                                        |                             |                    |                     |                    |                    |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 1. (C)                                                 | 2. (C)                      | 3. a) >            | b) <                | c) >               | d) >               |
| 4. a) 4                                                | b) -775                     | c) 99              | d) $-\frac{13}{12}$ | e) 5               |                    |
| 5. a) -10                                              | b) 7                        | c) 18              | d) $\frac{6}{5}$    | e) 3               |                    |
| 6. a) 4,24                                             | b) 4,47                     | c) 3,84            | d) -2,01            |                    |                    |
| 7. 10,3 (v. a. por defeito) e 10,4 (v. a. por excesso) |                             |                    |                     |                    |                    |
| 9. a) $5\sqrt{2}$                                      | b) 3                        | c) $10b\sqrt{2ab}$ | d) $2x\sqrt{3xy}$   | e) >               | f) <               |
| 11. a) $\sqrt[3]{5}$                                   | b) -6                       | c) $2\sqrt[3]{3}$  |                     | 10. a) 4           | b) 1               |
| 12. a) $-2\sqrt{5}$                                    | b) -6                       | c) 1               | d) $82-48\sqrt{2}$  | e) $28+17\sqrt{2}$ | f) $7\sqrt{14}-46$ |
| 13. a) $\frac{2+b+3\sqrt{b}}{1-b}$                     | b) $\frac{9-2\sqrt{14}}{5}$ | c) $7-4\sqrt{3}$   | d) $3\sqrt{2}-4$    | g) $2\sqrt{10}$    | h) $\frac{7}{28}$  |

## Exercício n.º 1

pag. 38



2. a) 1 e 2. b) Por exemplo, 0,41 e 0,42. c) Por exemplo,  $-\frac{1}{2}$  e  $-\sqrt{2}$ .
3.  $A = [-2, +\infty[$ ;  $B = ]-\infty, \frac{7}{2}]$ ;  $C = ]-\sqrt{3}, +\infty[$  e  $D = [-\frac{1}{2}, 0]$



4. a)  $\in$  b)  $\in$  c)  $\notin$  d)  $\in$  e)  $\in$  f)  $\in$
5. I. C II. D III. A IV. E V. B

## Exercício n.º 2

pag. 40

1. a)  $A \cup B = ]-10, 5]$  e  $A \cap B = \{0\}$ ;  
c)  $A \cup B = \mathbb{R}$  e  $A \cap B = ]3, 5]$ ;  
2. a)  $] -1, +\infty[$  b)  $] -\infty, 0]$
- b)  $A \cup B = ]-20, 5]$  e  $A \cap B = \emptyset$ ;  
d)  $A \cup B = ]-2, 2] \cup [3, \frac{7}{2}]$  e  $A \cap B = \emptyset$ ;  
c)  $] -4, 0[$  d)  $\{3\}$

pag. 46

## Exercício n.º 3

1. a)  $x \in ]7, +\infty[$  b)  $x \in [\frac{5}{4}, +\infty[$  c)  $x \in ]-\infty, \frac{1}{3}]$  d)  $x \in [5, +\infty[$  e)  $x \in ]-\infty, -\frac{7}{4}]$
- f)  $x \in ]-\infty, \frac{6}{11}]$  g)  $x \in ]-\infty, \frac{5}{2}]$  h)  $x \in ]-\infty, 4]$  i)  $x \in ]-\infty, 1]$
2. -3 e -2. 3. 6, 7 e 8.

pag. 49

## Exercício n.º 4

- a)  $x \in ]4, +\infty[$  b)  $x \in ]-\infty, 1[$  c)  $x \in ]-2, -1[$  d)  $x \in ]-\frac{5}{2}, \frac{19}{13}]$  e)  $x \in [1, \frac{27}{2}]$  f)  $x \in \emptyset$



## Exercício n.º 5

1. a)  $x \in \left[-\infty, \frac{5}{4}\right]$  b)  $x \in \left[\frac{3}{4}, \frac{5}{4}\right]$  2. a) 48 e 60 b) 251 e 263 3.  $8,33 \text{ cm} < \ell < 9,52 \text{ cm}$   
 4.  $3,98 \text{ cm} < h < 4,12 \text{ cm}$  5. 73 6. a)  $C(t) = 100 + 20t$  e  $D(t) = 55 + 35t$  b) 3 horas  
 7. a) Plano C b) A partir dos 51 minutos. 8. O salário mínimo deve ser, pelo menos, 11 000,00 Mt.

## Avaliação formativa

- I. 1. (C) 2. (D) 3. (C) 4. (D) 5. (B) 6. (B)  
 II. 1. a)  $A \cup B = \mathbb{R}$  e  $A \cap B = [2, 2,3[$ ;  
 c)  $A \cup B = ]-1, +\infty[$  e  $A \cap B = [0, 3[$ ;  
 2. a)  $x \in \left[-\infty, \frac{13}{4}\right]$  b)  $x \in \left[-\infty, \frac{7}{2}\right]$  c)  $x \in \left[-\frac{31}{39}, +\infty\right]$  d)  $x \in \left[-\infty, -\frac{7}{8}\right]$   
 3. a)  $x \in \left[-5, \frac{24}{7}\right]$  b)  $x \in [-2, -1]$  c)  $x \in \left[-3, \frac{13}{3}\right]$  d) Sistema impossível  
 4. a)  $x = 5$  b)  $x \in [0, 5]$  5. a)  $P = \frac{32}{7}x$  b)  $5,5 \text{ cm} < P < 6,4 \text{ cm}$   
 6.  $x \in [5, 6, \dots, 15]$  7. a)  $x \in [3, +\infty[$  b)  $x \in [20, 31]$

## Exercício n.º 1

1. a)  $x + 3$  b)  $14 - y$  c)  $d = 50t$  d)  $x - 20 - \frac{1}{3}(x - 20)$  Mt  
 2. a)  $P = 2c + 2h$  b)  $P = 34$  3.  $2xy^2$  e  $xy^2$  4. a) 3.º grau b) 2.º grau c) 3.º grau d) 4.º grau  
 5.

| Monômio         | Coefficiente  | Parte literal | Grau | Monômio simétrico | Monômio               | Coefficiente   | Parte literal | Grau | Monômio simétrico    |
|-----------------|---------------|---------------|------|-------------------|-----------------------|----------------|---------------|------|----------------------|
| $\frac{xyz}{3}$ | $\frac{1}{3}$ | $xyz$         | 3    | $-\frac{xyz}{3}$  | $\frac{3x^3y}{4}$     | $\frac{3}{4}$  | $x^3y$        | 3    | $-\frac{3x^3y}{4}$   |
| 6               | 6             |               |      | -6                | $\frac{7}{3}x$        | $\frac{7}{3}$  | $x$           | 1    | $-\frac{7}{3}x$      |
| $2^3xy$         | $2^3$         | $xy$          | 2    | $-2^3xy$          | $-\frac{1}{3}x^2yz^2$ | $-\frac{1}{3}$ | $x^2yz^2$     | 6    | $\frac{1}{3}x^2yz^2$ |

## Exercício n.º 2

1. a)  $7x$  b)  $-\frac{15}{4}y$  c)  $3z - t$  d)  $1,3x - 4,2y + 2$  e)  $2a + 8b$  f)  $\frac{31}{6}a - \frac{1}{2}b + 2$   
 2. a)  $-x + 9$  b)  $5x - 2$  c)  $3y - 2$  d)  $10 - 3a$  e)  $-4m + 7n - 6$  f)  $-13t + 11$   
 3. a)  $4x^2$  b)  $2x + \frac{7}{3}$  c)  $x^2 + 8x + 6$  d)  $4x - 1$  e)  $-\frac{11}{2}x^2 + \frac{1}{4}x + \frac{9}{2}$  f)  $x^2 - \frac{5}{2}x + \frac{35}{6}$

## Exercício n.º 3

1. a)  $-12x^2$  b)  $-x^3y^2$  c)  $\frac{3}{2}a^2bx^3$  d)  $-8a^6b^9$   
 2. a)  $-a$  b)  $0,2x^2y^2$  c)  $-\frac{1}{4}x^2b^2$  d)  $-1$  3. (D)

## Exercício n.º 4

1. a) 3.º grau; completo;  $1 - 2x + x^2 + x^3$  b) 3.º grau; incompleto;  $3xy^2 + x^2y + x^3$  c) 4.º grau; incompleto;  $1 - x^4$   
 d) 2.º grau; completo;  $-1 + x + x^2$  e) 4.º grau; incompleto;  $-x + x^2 + 3x^3 + x^4$  f) 2.º grau; incompleto;  $-2x + x^2$   
 2. a) 22 b) 93 c) 32

## Exercício n.º 5

1.  $3x^4 - 4x^3 + 5x^2 - 3x - 4$  2. a)  $0,7y^3 + 0,5y^2 - y - 3$  b)  $4x^2 + 3x - 2$  c)  $\frac{5}{3}x^2 + x + \frac{3}{2}$  d)  $x^2y + xy^2 + xy^2 + xy + y + 5$   
 3. a) (B) b) (D)

## Exercício n.º 6

1. a)  $-2x^3 + 6x^2$  b)  $6x^3y^2 + 3x^4y - 3x^2y^3$  c)  $-18x^3y^4$  d)  $-2x^4y^4$   
 e)  $6x^3 - 7x^2 - 5x + 3$  f)  $x^4 - x^3 - x^2 + x$  g)  $-2x^5 + 6x^4 + 7x^3 - 15x^2 - 5x$  h)  $-4x^4 + 6x^3 + 2x^2 - 5x + 3$



**Exercício n.º 7**

pag. 66

- $8x^3 - 36x^2 + 54x - 27$
  - $9 - 4x^2$
  - $(3 - 2x)(3 + 2x)$
- $-2xy + 2\sqrt{2}x + 3y - 3\sqrt{2}$
  - $4x^2 - 9$
  - $(9 - 6x)(9 + 6x)$
- $\frac{3}{2}x^2 - 2x - \frac{1}{2}$
  - $25x^2 - 16$
  - $\left(\frac{5}{2}x - \frac{2}{3}\right)\left(\frac{5}{2}x + \frac{2}{3}\right)$

**Exercício n.º 8**

pag. 68

- $25 + 10m + m^2$
  - $25 - 20x + 4x^2$
  - $16x^2 + 24x + 9$
  - $x^4 + 6x^3 + 9x^2$
- $4 - 12x + 9x^2$
  - $6x^2 + \frac{71}{5}x - 2$
  - $-4x^2 + 4x + 1$
  - $4x^2 - 17x + 27$
- $100x^{20} - 40x^{10} + 4$
  - $9x^4 - 12x^5 + 4x^6$
  - $\frac{4}{9}x^6 - \frac{4}{3}x^3y + y^2$
  - $9x^2 - 4$

**Exercício n.º 9**

pag. 69

- (B)
  - (D)
  - (A)
- Sim, porque  $a^3 + a^2b - a - b = a^3 - a + b(a^2 - 1) = a(a^2 - 1) + b(a^2 - 1)$
  - $(a^2 - 1)(a + b)$
- $2y(y - 2)$
  - $(7 - 3x)(7 + 3x)$
  - $(a - 10)(a - 10)$
  - $(4 - x)(6 + x)$

**Avaliação formativa**

pag. 70/71

| Monómio   | Coefficiente | Parte literal | Grau | Monómio simétrico | Monómio semelhante |
|-----------|--------------|---------------|------|-------------------|--------------------|
| $-xy$     | $-1$         | $xy$          | $2$  | $xy$              | $7xy$              |
| $-3xyz^3$ | $-3$         | $xyz^3$       | $5$  | $3xyz^3$          | $10xyz^3$          |
| $4ab^2c$  | $4$          | $ab^2c$       | $4$  | $-4ab^2c$         | $-2ab^2c$          |
| $6abcd$   | $6$          | $abcd$        | $4$  | $-6abcd$          | $5abcd$            |

- $-\frac{1}{2}x^2y^2$  (por exemplo)
  - $-6x^3$  (por exemplo)
  - $10x^5$  (por exemplo)
- $-2x^4 + \sqrt{2}x - \frac{4}{3}$
  - $x^3 + 3x^2 + 8x - 1$
  - $-\frac{\sqrt{3}}{2}x^5 + \frac{1}{4}x^4 - 3x^2 + \frac{1}{2}$
- $ab^2$
  - $2ab$
  - $\frac{1}{5}a^5$
- $2x^3 + x^2 - 3x$
  - $6x^3 + 5x^2 - x - 10$
  - $x^3 - 8x^2 - 7x + 14$
- $4x^2 + 20x + 25$
  - $4x^2 - 4x^3 + x^4$
  - $x^5 - 6x^4 + 9x^2$
  - $4x^2 - 9$
  - $-30x + 25$
  - $24x$
- $9801$
  - $10404$
  - $1,0609$
- $\frac{1}{3}(4a - 7)$
  - $4x^2(2x - 5x^2 - 2)$
  - $\frac{a^2}{2}(3 - 5b)$
  - $(3x - 11)(3x + 11)$
  - $3x^2(x - 2y)$
- $3xy(x^2 - 3y + xy)$
  - $(2x - 3y)(2x - 3y)$
  - $\left(\frac{x}{2} + 3\right)\left(\frac{x}{2} + 3\right)$
  - $3a(4a^2 - 1)$

pag. 77

**Exercício n.º 1**

Todas as equações quadráticas têm solução nula.

pag. 78

**Exercício n.º 2**

- $x = -1 \vee x = 1$
- $x = -\frac{3}{2} \vee x = \frac{3}{2}$
- $x = -3 \vee x = 3$
- $x = -2 \vee x = 2$

pag. 79

**Exercício n.º 3**

- $x = 0 \vee x = \frac{4}{3}$
- $x = -5 \vee x = 0$
- $x = -\frac{7}{2} \vee x = 0$

pag. 81

**Exercício n.º 4**

- $x = -3$
- $x = -4 \vee x = 4$
- $x = \frac{5 - \sqrt{17}}{2} \vee x = \frac{5 + \sqrt{17}}{2}$
- A equação não tem raízes reais.

pag. 85

**Exercício n.º 5**

- A equação não tem raízes reais.
  - $x = -\frac{1}{2} \vee x = 0$
- $k = -1 \vee k = \frac{5}{2}$
  - $k = -5$
  - $k > \frac{5}{2}$
  - Impossível
- $x = -5 \vee x = 0$
  - $x = -\frac{1}{2} \vee x = 0 \vee x = 1$
- $x^2 + 6x + 9 = 0$  (por exemplo)
  - $x^2 - \sqrt{2}x = 0$  (por exemplo)
  - $x^2 - 2\sqrt{5}x + 5 = 0$  (por exemplo)



## Exercício n.º 6

1. a) 430,4 metros    b) 50 metros    c) Aproximadamente, 41 segundos.  
 2. 9 cm, 7 cm e 24 cm.    3. 10 cm e 8 cm  
 4. a) 10 rebuçados    b) 0,6 meticais (6 centavos)

5. São 44 macacos, no total.

6. 31 e 33.

pag. 88-89

## Avaliação formativa

1. a)  $x = -1 \vee x = 2$     b)  $m = 0 \vee m = \frac{1}{2}$     c)  $m = 2$   
 2. a)  $x = -\frac{1}{12} \vee x = 2$     b)  $x = -\frac{1}{5} \vee x = \frac{1}{3}$     c)  $x = -2 \vee x = 3$   
 4. a) 4    b)  $x^2 - 7x + 12 = 0$  (por exemplo)    5. a) Falsa  
 6. Os números ímpares são 7 e 9.    7. 1 m  
 9. a)  $1200 \text{ cm}^2$     b) A moldura tem 5 cm de largura.

d)  $m = 1 - \frac{\sqrt{3}}{2} \vee m = 1 + \frac{\sqrt{3}}{2}$

e)  $m = 2$ 

3. a)  $x = 0 \vee x = \frac{1}{3}$     b)  $x = -1 \vee x = \frac{1}{3}$     c)  $x = -\frac{9}{2} \vee x = 4$

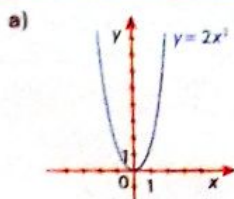
b) Falsa    c) Verdadeira    d) Falsa

8. 12 cm e 16 cm.

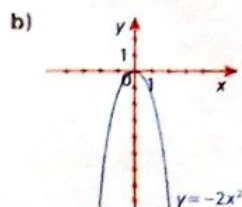
10. 80 iogurtes

## Exercício n.º 1

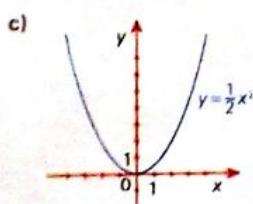
pag. 96

Domínio:  $D = \mathbb{R}$ 

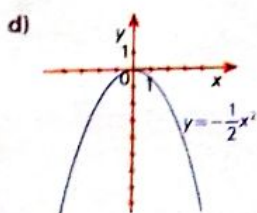
Concavidade voltada para cima

Zeros:  $x = 0$  (zero duplo)Vértice:  $V \rightarrow (0, 0)$ Domínio:  $D = \mathbb{R}$ 

Concavidade voltada para baixo

Zeros:  $x = 0$  (zero duplo)Vértice:  $V \rightarrow (0, 0)$ Domínio:  $D = \mathbb{R}$ 

Concavidade voltada para cima

Zeros:  $x = 0$  (zero duplo)Vértice:  $V \rightarrow (0, 0)$ Domínio:  $D = \mathbb{R}$ 

Concavidade voltada para baixo

Zeros:  $x = 0$  (zero duplo)Vértice:  $V \rightarrow (0, 0)$ Eixo de simetria:  $x = 0$ Contradomínio:  $D' = [0, +\infty[$ 

| $x$                 | $]-\infty, 0[$ | 0 | $]0, +\infty[$ |
|---------------------|----------------|---|----------------|
| Monotonia da função | $\searrow$     | 0 | $\nearrow$     |
| Variação de sinal   | +              | 0 | +              |

Eixo de simetria:  $x = 0$ Contradomínio:  $D' = ]-\infty, 0]$ 

| $x$                 | $]-\infty, 0[$ | 0 | $]0, +\infty[$ |
|---------------------|----------------|---|----------------|
| Monotonia da função | $\nearrow$     | 0 | $\searrow$     |
| Variação de sinal   | -              | 0 | -              |

Eixo de simetria:  $x = 0$ Contradomínio:  $D' = [0, +\infty[$ 

| $x$                 | $]-\infty, 0[$ | 0 | $]0, +\infty[$ |
|---------------------|----------------|---|----------------|
| Monotonia da função | $\searrow$     | 0 | $\nearrow$     |
| Variação de sinal   | +              | 0 | +              |

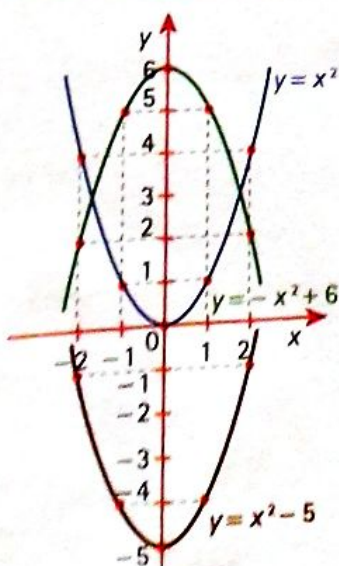
Eixo de simetria:  $x = 0$ Contradomínio:  $D' = ]-\infty, 0]$ 

| $x$                 | $]-\infty, 0[$ | 0 | $]0, +\infty[$ |
|---------------------|----------------|---|----------------|
| Monotonia da função | $\nearrow$     | 0 | $\searrow$     |
| Variação de sinal   | -              | 0 | -              |

## Exercício n.º 2

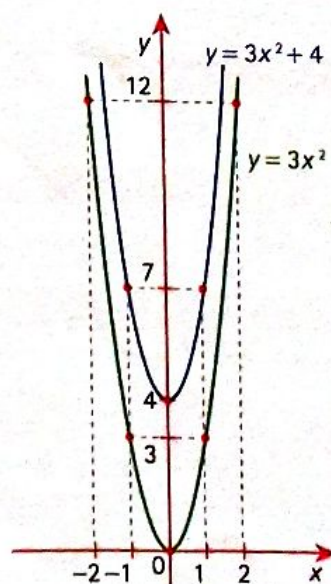
pag. 97

1.



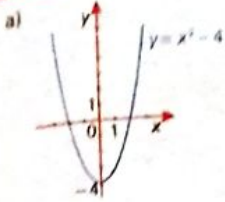
2.

| $x$ | $y$ |
|-----|-----|
| 4   | 12  |
| -1  | 3   |
| 0   | 0   |
| 1   | 3   |
| 2   | 12  |

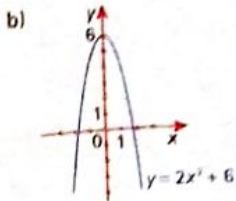




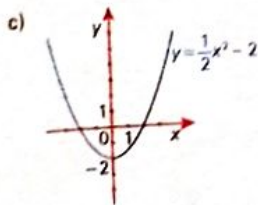
## Exercício n.º 3

Domínio:  $D = \mathbb{R}$ 

Concavidade voltada para cima

Zeros:  $\{-2, 2\}$ Vértice:  $V \rightarrow (0, -4)$ Eixo de simetria:  $x = 0$ Contradomínio:  $D' = [-4, +\infty[$ Domínio:  $D = \mathbb{R}$ 

Concavidade voltada para cima

Zeros:  $x = \{-\sqrt{3}, \sqrt{3}\}$ Vértice:  $V \rightarrow (0, 6)$ Eixo de simetria:  $x = 0$ Contradomínio:  $D' = [-\infty, 6]$ Domínio:  $D = \mathbb{R}$ 

Concavidade voltada para cima

Zeros:  $\{-2, 2\}$ Vértice:  $V \rightarrow (0, -2)$ Eixo de simetria:  $x = 0$ Contradomínio:  $D' = [-2, +\infty[$ 

Monotonia da função

| $x$ | $]-\infty, 0[$ | $0$ | $]0, +\infty[$ |
|-----|----------------|-----|----------------|
| $y$ |                | -4  |                |

Variação de sinal

| $x$ | $]-\infty, -2[$ | $-2$ | $]-2, 2[$ | $2$ | $]2, +\infty[$ |
|-----|-----------------|------|-----------|-----|----------------|
| $y$ | +               | 0    | -         | 0   | +              |

Monotonia da função

| $x$ | $]-\infty, 0[$ | $0$ | $]0, +\infty[$ |
|-----|----------------|-----|----------------|
| $y$ |                | 6   |                |

Variação de sinal

| $x$ | $]-\infty, -\sqrt{3}[$ | $-\sqrt{3}$ | $]-\sqrt{3}, \sqrt{3}[$ | $\sqrt{3}$ | $]\sqrt{3}, +\infty[$ |
|-----|------------------------|-------------|-------------------------|------------|-----------------------|
| $y$ | -                      | 0           | +                       | 0          | -                     |

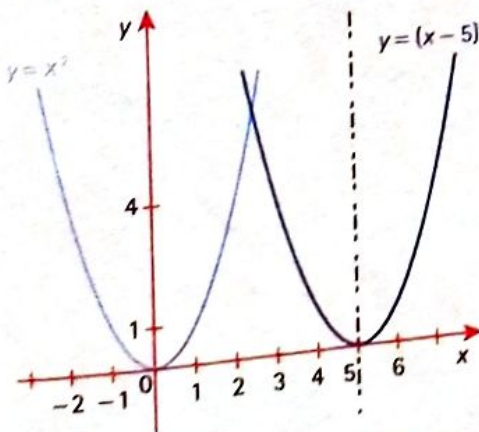
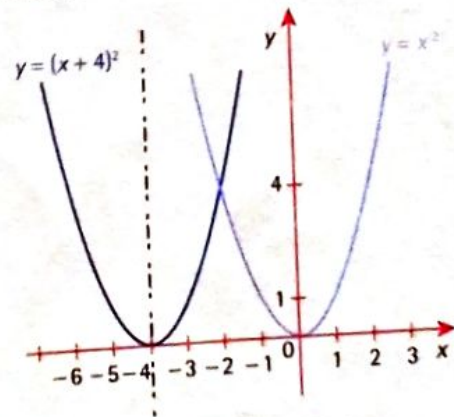
Monotonia da função

| $x$ | $]-\infty, 0[$ | $0$ | $]0, +\infty[$ |
|-----|----------------|-----|----------------|
| $y$ |                | -2  |                |

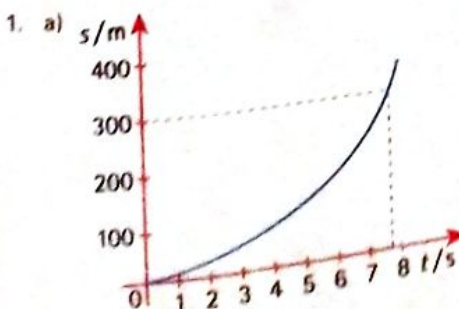
Variação de sinal

| $x$ | $]-\infty, -2[$ | $-2$ | $]-2, 2[$ | $2$ | $]2, +\infty[$ |
|-----|-----------------|------|-----------|-----|----------------|
| $y$ | +               | 0    | -         | 0   | +              |

## Exercício n.º 4

a) Eixo de simetria:  $x = 5$ b) Eixo de simetria:  $x = -4$ 

## Exercício n.º 5

b)  $t = 7,8$  s2. a)  $t = 0$  s e  $t = 4$  s.b) Como  $V \rightarrow (2, 22)$  então a altura máxima é de 22 m e é atingida aos 2 s.

c) Não, uma vez que a altura máxima é 22 metros.

d) Aproximadamente, 4,1 s.

3.  $x = 12,5$  cm.

4. a) A altura dos pilares é 10 metros e encontram-se a uma distância de 8 metros um do outro.

b) A altura mínima é de 2 metros.



**Avaliação formativa**

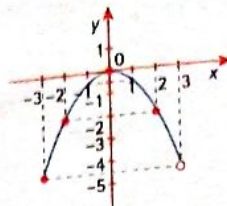
1. 1. (B) 2. (C) 3. (C)

11. 1. a)

|   |                |    |                |   |                |    |                |
|---|----------------|----|----------------|---|----------------|----|----------------|
| x | -3             | -2 | -1             | 0 | 1              | 2  | 3              |
| y | $-\frac{9}{2}$ | -2 | $-\frac{1}{2}$ | 0 | $-\frac{1}{2}$ | -2 | $-\frac{9}{2}$ |

4. (A)

b)



Monotonia da função

|   |                |   |                |
|---|----------------|---|----------------|
| x | $]-\infty, 0[$ | 0 | $]0, +\infty[$ |
| y | $\searrow$     | 1 | $\nearrow$     |

Variação de sinal

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| x | $]-\infty, +\infty[ = \mathbb{R}$ |
| y | +                                 |

Monotonia da função

|   |                 |    |                 |
|---|-----------------|----|-----------------|
| x | $]-\infty, -7[$ | -7 | $]-7, +\infty[$ |
| y | $\searrow$      | -1 | $\nearrow$      |

Variação de sinal

|   |                 |    |            |    |                 |
|---|-----------------|----|------------|----|-----------------|
| x | $]-\infty, -8[$ | -8 | $]-8, -6[$ | -6 | $]-6, +\infty[$ |
| y | +               | 0  | -          | 0  | +               |

Monotonia da função

|   |                 |    |                 |
|---|-----------------|----|-----------------|
| x | $]-\infty, -6[$ | -6 | $]-6, +\infty[$ |
| y | $\searrow$      | -3 | $\nearrow$      |

Variação de sinal

|   |                   |      |                |      |                   |
|---|-------------------|------|----------------|------|-------------------|
| x | $]-\infty, -7,7[$ | -7,7 | $]-7,7, -4,3[$ | -4,3 | $]-4,3, +\infty[$ |
| y | +                 | 0    | -              | 0    | +                 |

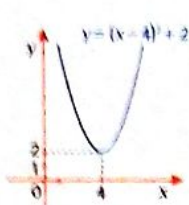
Monotonia da função

|   |                 |    |                 |
|---|-----------------|----|-----------------|
| x | $]-\infty, 10[$ | 10 | $]10, +\infty[$ |
| y | $\searrow$      | 5  | $\nearrow$      |

Variação de sinal

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| x | $]-\infty, +\infty[ = \mathbb{R}$ |
| y | +                                 |

2. a)



Domínio:  $D = \mathbb{R}$

Concavidade voltada para cima

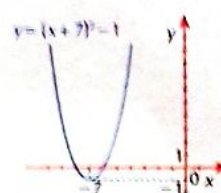
Zeros: não tem zeros

Vértice:  $V(4, 2)$

Eixo de simetria:  $x = 4$

Contradomínio:  $D' = [2, +\infty[$

b)



Domínio:  $D = \mathbb{R}$

Concavidade voltada para cima

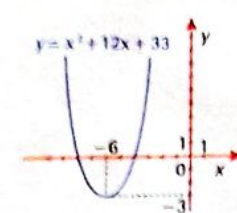
Zeros:  $\{-8, -6\}$

Vértice:  $V(-7, -1)$

Eixo de simetria:  $x = -7$

Contradomínio:  $D' = [-1, +\infty[$

c)



Domínio:  $D = \mathbb{R}$

Concavidade voltada para cima

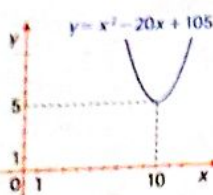
Zeros:  $\{-6 - \sqrt{3}, -6 + \sqrt{3}\}$

Vértice:  $V(-6, -3)$

Eixo de simetria:  $x = -6$

Contradomínio:  $D' = [-3, +\infty[$

d)



Domínio:  $D = \mathbb{R}$

Concavidade voltada para cima

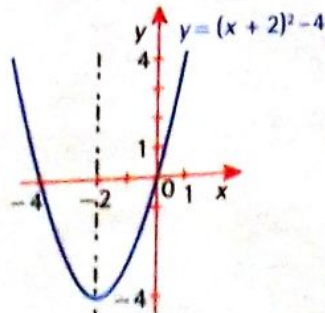
Zeros: não tem zeros

Vértice:  $V(10, 5)$

Eixo de simetria:  $x = 10$

Contradomínio:  $D' = [5, +\infty[$

3.



a)  $x = -2$

b)  $V(-2, -4)$

c)  $D' = [-4, +\infty[$

d)  $x \in [-2, +\infty[$

e)  $x \in [-4, 0]$

4. O gráfico pode ser obtido através de uma expansão na vertical segundo o factor 2 (menor abertura da parábola) seguido de uma translação vertical de 2 unidades para cima e de uma mudança de concavidade da parábola.

5.

| Função                 | A             | B                 | C                 |
|------------------------|---------------|-------------------|-------------------|
| Eixo de simetria       | $x = 1$       | $x = 1$           | $x = -2$          |
| Coordenadas do vértice | $V(1, 0)$     | $V(1, 2)$         | $V(-2, -1)$       |
| Expressão analítica    | $y = (x-1)^2$ | $y = (x-1)^2 + 2$ | $y = (x+2)^2 - 1$ |



## Exercício n.º 1

pág. 109

Grupo dos trapézios: 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 13 e 14;  
 Grupo dos não-trapézios: 1 e 5;  
 Grupo dos paralelogramos: 3, 6, 7, 8, 9, 10, 13 e 14;  
 Grupo dos não-paralelogramos: 2 e 4.

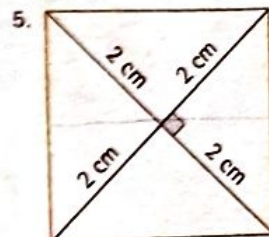
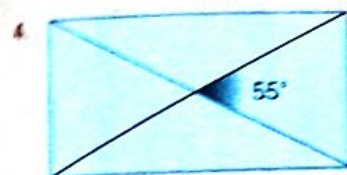
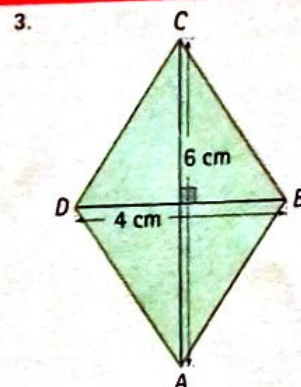
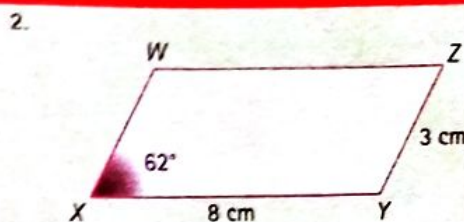
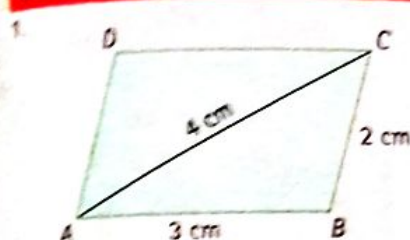
## Exercício n.º 2

pág. 115

- $\widehat{BAD} = \widehat{DCB} = 105^\circ$  e  $\widehat{CBA} = \widehat{ADC} = 75^\circ$ .
- Os ângulos adjacentes da base maior têm amplitude igual a  $30^\circ$  e os da base menor igual a  $150^\circ$ .
- $\widehat{EDC} = 88^\circ$ .
- $\widehat{DAB} = \widehat{DCB} = 81^\circ$  e  $\widehat{CBA} = \widehat{ADC} = 99^\circ$ .
- Os dois ângulos opostos medem cada um,  $59^\circ$  e os outros dois medem, cada um,  $121^\circ$ .
- $\widehat{CBA} = \widehat{ADC} = 70^\circ$  e  $\widehat{BAD} = \widehat{DCB} = 110^\circ$ .

## Exercício n.º 3

pág. 115



pág. 116/117

## Avaliação formativa

| Quadriláteros | Propriedades            |                      |                     |                       |                  |                                         |                           |
|---------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-----------------------------------------|---------------------------|
|               | Lados opostos paralelos | Lados opostos iguais | Quatro lados iguais | Quatro ângulos rectos | Diagonais iguais | Diagonais intersectam-se no ponto medio | Diagonais perpendiculares |
| Rectângulo    | S                       | S                    | N                   | S                     | S                | S                                       | N                         |
| Quadrado      | S                       | S                    | S                   | S                     | S                | S                                       | S                         |
| Trapezo       | N                       | N                    | N                   | N                     | N                | N                                       | N                         |
| Paralelogramo | S                       | S                    | N                   | N                     | N                | N                                       | N                         |
| Losango       | S                       | S                    | S                   | N                     | S                | S                                       | S                         |

- a) (B)      b) (C)      c) (C)      d) (B)
- $\widehat{BAD} = 98^\circ$ ,  $\widehat{CBA} = 90^\circ$ ,  $\widehat{DCB} = 104^\circ$  e  $\widehat{ADC} = 68^\circ$ .
- $\widehat{BFC} = 42^\circ$ .
- $\widehat{ECF} + \widehat{BAD} = 180^\circ$  e  $\widehat{ECF} = \widehat{CBA}$ .
- a)  $\widehat{BAD} = \widehat{CBA} = 60^\circ$  e  $\widehat{DCB} = \widehat{ADC} = 120^\circ$ ;  
 b)  $\widehat{BAD} = 70^\circ$ ,  $\widehat{CBA} = 80^\circ$ ,  $\widehat{DCB} = 100^\circ$  e  $\widehat{ADC} = 110^\circ$ ;  
 c)  $\theta = 25^\circ$

pág. 122

## Exercício n.º 1

- A população são os 3000 habitantes de uma cidade e a amostra os 2000 habitantes seleccionados para o estudo. A variável estatística é o canal de televisão preferido e classifica-se em variável qualitativa.
- a) (C)      b) (D)      c) Variável quantitativa      d) Variável qualitativa
- a) Variável quantitativa      b) Variável qualitativa



## Exercício n.º 2

1.

| Número de bebés nascidos em Agosto |       |       |            |            |
|------------------------------------|-------|-------|------------|------------|
| $x_i$                              | $f_i$ | $F_i$ | $fr_i(\%)$ | $Fr_i(\%)$ |
| 0                                  | 3     | 3     | 10         | 10         |
| 1                                  | 5     | 8     | 17         | 27         |
| 2                                  | 10    | 18    | 33         | 60         |
| 3                                  | 8     | 26    | 27         | 87         |
| 4                                  | 4     | 30    | 13         | 100        |
| Total                              | 30    |       | 100        |            |

2.

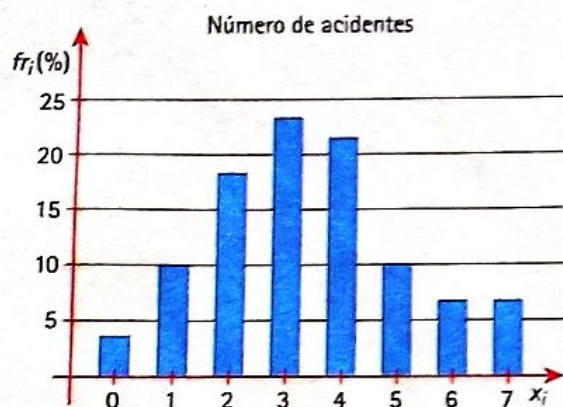
| Número de irmãos dos alunos da turma do Rui |       |       |            |            |     |
|---------------------------------------------|-------|-------|------------|------------|-----|
| Número de irmãos                            | $f_i$ | $F_i$ | $fr_i(\%)$ | $Fr_i(\%)$ |     |
| 0                                           | 4     | 4     | 0,16       | 16         | 16  |
| 1                                           | 10    | 14    | 0,40       | 40         | 56  |
| 2                                           | 7     | 21    | 0,28       | 28         | 84  |
| 3                                           | 3     | 24    | 0,12       | 12         | 96  |
| 4                                           | 1     | 25    | 0,04       | 4          | 100 |
| Total                                       | 25    |       | 1          | 100        |     |

3. a) 6800 eleitores      b) 32,4%      c) 720 eleitores      d) Partido A

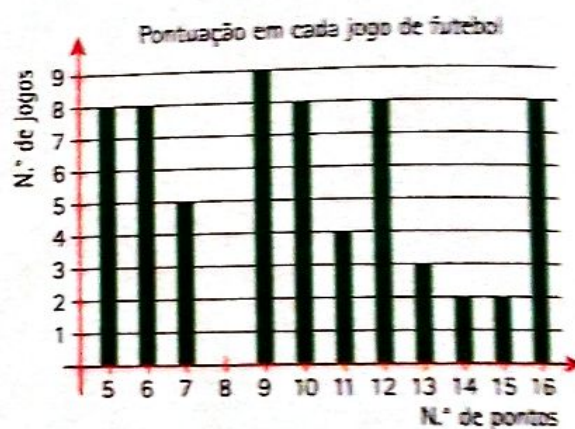
## Exercício n.º 3

1. a) 32 alunos      b) 27 alunos correspondente a 26%.

2.



3.



4.

| $x_i$ | $f_i$ | $F_i$ | $fr_i(\%)$ | $Fr_i(\%)$ |
|-------|-------|-------|------------|------------|
| 7     | 1     | 1     | 5          | 5          |
| 8     | 2     | 3     | 10         | 15         |
| 9     | 3     | 6     | 15         | 30         |
| 10    | 4     | 10    | 20         | 50         |
| 11    | 5     | 15    | 25         | 75         |
| 12    | 3     | 18    | 15         | 90         |
| 13    | 0     | 18    | 0          | 90         |
| 14    | 2     | 20    | 10         | 100        |
| Total | 20    |       | 100        |            |

5.

| Classificação | Ângulo |
|---------------|--------|
| Mau           | 36°    |
| Mediocre      | 72°    |
| Suficiente    | 108°   |
| Bom           | 90°    |
| Muito Bom     | 54°    |
| Total         | 360°   |

## Exercício n.º 4

1.

|         | Português | Inglês |
|---------|-----------|--------|
| Média   | 13,5      | 10,6   |
| Mediana | 14        | 10     |
| Moda    | 14        | 10     |

2.

|         | Equipa A | Equipa B |
|---------|----------|----------|
| Média   | 1,7      | 2,1      |
| Mediana | 1,5      | 2        |
| Moda    | 3        | 2 e 3    |

3. 2 Mt e 10 Mt ; 1 Mt e 11 Mt ; 2,50 Mt e 9,50 Mt (por exemplo).

4. a) 708,4 kg      b) 482 kg      c) 49,6 kg

5. A única medida de tendência central afectada é a média.



## Avaliação Formativa

pag. 131/132/133

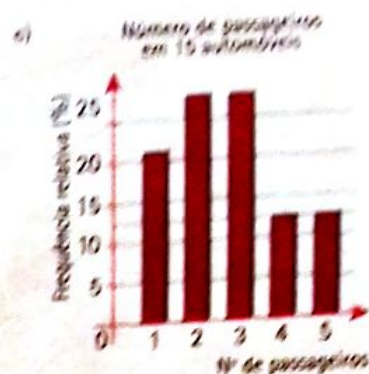
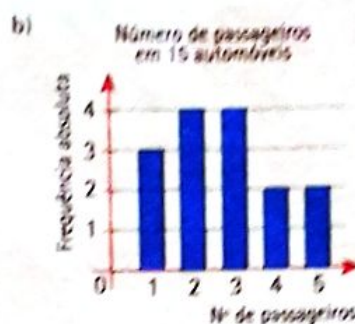
1. a)

| Minutos de atraso | $f_i$     | $h_i$    | $h_i(\%)$  |
|-------------------|-----------|----------|------------|
| 0                 | 3         | 0,08     | 8          |
| 5                 | 10        | 0,25     | 25         |
| 10                | 13        | 0,33     | 33         |
| 15                | 7         | 0,18     | 18         |
| 20                | 3         | 0,08     | 8          |
| 25                | 2         | 0,05     | 5          |
| 30                | 1         | 0,03     | 3          |
| <b>Total</b>      | <b>39</b> | <b>1</b> | <b>100</b> |

b) 39 autocarros c) 3 d) 13 e)  $\bar{x} = 10,9$  e  $M_0 = 10$

2. a)

| N.º de passageiros | $f_i$     | $h_i$    | $h_i(\%)$  |
|--------------------|-----------|----------|------------|
| 1                  | 3         | 0,2      | 2          |
| 2                  | 4         | 0,27     | 27         |
| 3                  | 4         | 0,27     | 27         |
| 4                  | 2         | 0,13     | 13         |
| 5                  | 2         | 0,13     | 13         |
| <b>Total</b>       | <b>15</b> | <b>1</b> | <b>100</b> |



3. a) i) 80 ii) 50 b) i) 12,5% ii) 14,7%  
 4. a) 31 000 b) 2500, por mês; c) Dezembro; 6000;  
 d) 37,7% e) Agosto; Dezembro; 19,6%.  
 5.  $M_0 = 11$ ;  $\bar{x} = 10,35$  e  $\bar{x} = 10,5 = 11$ .  
 6.  $M_0 = 3$ ;  $\bar{x} = 2,93$  e  $\bar{x} = 3$ .

7.

|         | Empresa A | Empresa B | Empresa C |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| Medida  | 585       | 544,4     | 500       |
| Mediana | 600       | 550       | 500       |
| Moda    | 600       | 400       |           |



pag. 140/141

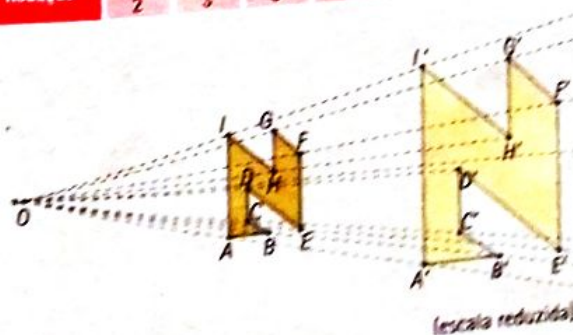
## Exercício n.º 1

1.

|           | B             | C             | D             | E             | F             |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Ampliação | 2             | $\frac{3}{2}$ | 3             | 3             | $\frac{3}{2}$ |
| Redução   | $\frac{1}{2}$ | $\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{2}{3}$ |

2. a) Método da homotetia  
 b) De A para A' é 3 e de B para B' é  $\frac{1}{2}$ .

3. a)



pag. 144

## Exercício n.º 2

1. a)  $x = 6$  b)  $x = 3$  c)  $x = 8$  d)  $x = 9$   
 2. 8 kg  
 3. a) 1400 kg b) 1875 kg de areia e 625 kg de cimento



Exercício n.º 3

- Os lados correspondentes não são proporcionais.
- $a = 7,5 \text{ cm}$ ,  $b = 8 \text{ cm}$  e  $c = 14,5 \text{ cm}$ .

2. Os lados correspondentes são proporcionais.

Exercício n.º 4

- a)  $r = \frac{5}{3}$  b)  $2 \cdot C = \frac{20}{3} \text{ cm}$  e  $3 \cdot E = 5 \text{ cm}$

2. Comprimento:  $12 \text{ cm}$ ; largura:  $8 \text{ cm}$ .

Exercício n.º 5

- Pilar menor:  $2 \text{ m}$ ; pilar maior:  $3 \text{ m}$ .

2.  $4,38 \text{ m}$

- a) Critério AA (Os triângulos têm um ângulo recto e  $\angle ECD = \angle BCA$ )

b)  $\frac{3}{5}$

c)  $3 \text{ m}$

d)  $BC = 10,4 \text{ m}$  e  $CD = 6,3 \text{ m}$

Exercício n.º 6

- $6 \text{ m}$
- $3 \text{ cm}$
- $Q = 1,5 \text{ cm}$  e  $JO = 3,25 \text{ cm}$ .

Exercício n.º 7

- $\sqrt{18} \text{ cm}$
- $150 \text{ m}$
- $8 \text{ cm}$

Exercício n.º 8

- $24 \text{ cm}$
- a)  $x = 11 \text{ cm}$  b)  $48 \text{ cm}$

3. b)  $24 \text{ km}$

c)  $18 \text{ km}$

d)  $12 \text{ km}$

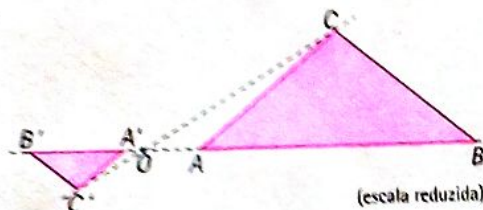
Avaliação formativa

- a)  $\frac{2}{5}$  b)  $\frac{1}{5}$  c) Não
- a)

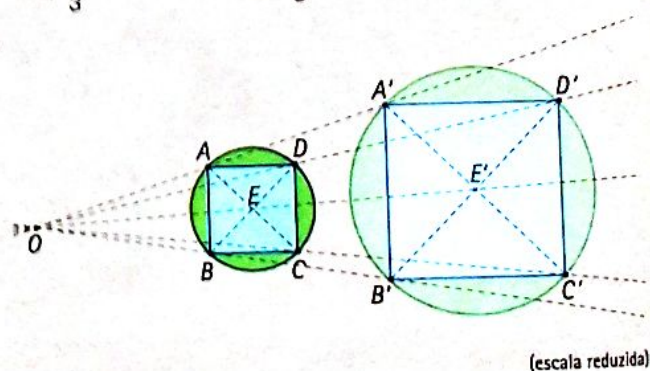
d)  $\frac{1}{3}$

e)  $\frac{1}{3}$

f) Sim



b)



- Sim, porque todos os ângulos internos dos dois triângulos medem  $60^\circ$  (critério AA).

- Não são semelhantes porque não satisfazem nenhum critério de semelhança.

- a)  $x = 6 \text{ cm}$

- b)  $72 \text{ cm}^2$

7.  $17 \text{ m}$

8.  $5,4 \text{ m}$

9.  $x = 3$  e  $y = 1,5$ .

10.  $a = 13$ ;  $m = \frac{25}{13}$ ;  $n = \frac{144}{13}$  e  $h = \frac{60}{13}$ .

Exercício n.º 1

| Poliedro           | Tetraedro | Hexaedro | Octaedro | Dodecaedro | Icosaedro |
|--------------------|-----------|----------|----------|------------|-----------|
| Número de faces    | 4         | 6        | 8        | 12         | 20        |
| Número de vértices | 4         | 8        | 6        | 20         | 12        |
| Número de arestas  | 6         | 12       | 12       | 30         | 30        |

Exercício n.º 2

- a) A, B, D, E, H e I; b) C, F e G; c) E e I; d) B e H; e) A, B e E; f) E e I.
- a) Sim, um prisma pentagonal. b) Não, porque as faces laterais são sempre paralelogramos.
- a) Prisma hexagonal. b) Pirâmide octogonal. c) Prisma pentagonal.
- Cubo: C; Pirâmide hexagonal: E; Cilindro: D; Pirâmide quadrangular: F; Paralelepípedo: B; Cone: A.



Exercício n.º 3

| Prisma                           | Triangular | Quadrangular | Pentagonal | Hexagonal | Heptagonal |
|----------------------------------|------------|--------------|------------|-----------|------------|
| N.º de lados do polígono da base | 3          | 4            | 5          | 6         | 7          |
| N.º de faces                     | 5          | 6            | 7          | 8         | 9          |

- a) O número das faces de um prisma é igual à soma do número dos lados do polígono da base com 2.
2. a) Pentágonos      b)  $F=7$ ;  $A=15$  e  $V=10$       c) Rectângulos      d) Não
3. a) 4 cm      b) 6 cm      c) 3 cm      d)  $3\sqrt{5}$  cm  
e)  $2\sqrt{13}$  cm      f) 4 cm      g)  $2\sqrt{17}$  cm      h) 5 cm

Exercício n.º 4

1. a) 120 cm<sup>2</sup>      b) 10,83 cm<sup>2</sup>      c) 141,7 cm<sup>2</sup>      2. a) 320      b) 20      3. 2,4 g e 0,11 mm  
4. a) 840 cm<sup>2</sup>      b) 11 dm      c) 864 cm<sup>2</sup>      d) 48 cm      e)  $c=18$  cm,  $\ell=9$  cm e  $h=3$  cm.

Exercício n.º 5

1.  $h=12$  cm      2. a) 144 cm<sup>3</sup>      b)  $30k^3$  cm<sup>3</sup>      c) 30 cm<sup>3</sup>      3. 216 cm<sup>3</sup>  
4. a) 315 cm<sup>3</sup>      b) 54 cm<sup>3</sup>      5. a) 21 600 cm<sup>3</sup>      b) 388 800 cm<sup>3</sup>      c) 486 000 cm<sup>3</sup>

Exercício n.º 6

1.  $A_1 = 32,25$  cm<sup>2</sup> e  $A_7 = 43$  cm<sup>2</sup>;      B:  $A_1 = 52,5$  cm<sup>2</sup> e  $A_7 = 63,25$  cm<sup>2</sup>      e      C:  $A_1 = 70$  cm<sup>2</sup> e  $A_7 = 95$  cm<sup>2</sup>.  
2.  $h=5\sqrt{2}$  cm e  $A_p=5\sqrt{3}$  cm.      3. a)  $20\sqrt{2}$  cm      b) 13 cm      c)  $\frac{1}{2}\sqrt{626}$  cm  
4. Aproximadamente, 2 574 467 m<sup>3</sup>.      5. 6 cm

Exercício n.º 7

1.  $r=3$  cm e  $h=12$  cm.      2.  $r=5$  cm,  $g=13$  cm e  $h=12$  cm.      3. a)  $A_1=78,5$  cm<sup>2</sup>      b) Esfera de raio 8 e centro P.  
4. a) Cone de raio [YZ] e altura  $\overline{XY}$ ;      b) Cilindro de raio [YZ] e altura  $\overline{XY}$ ;      c) Esfera de diâmetro [XY];  
d) Dois cones com a mesma base e cujo raio da base é a altura do triângulo relativa à hipotenusa.

Exercício n.º 8

1. a)  $A_1=377$  cm<sup>2</sup> e  $A_7=534$  cm<sup>2</sup>;      b)  $A_1=4,4$  cm<sup>2</sup> e  $A_7=4,6$  cm<sup>2</sup>.      2. a) 7 cm      b)  $h=2r$   
3. a)  $A_1=37,7$  cm<sup>2</sup> e  $A_7=50,2$  cm<sup>2</sup>;      b)  $A_1=56,5$  cm<sup>2</sup> e  $A_7=94,2$  cm<sup>2</sup>.  
4. a)  $A=113$  cm<sup>2</sup>      b)  $A=37,7$  cm<sup>2</sup>      c)  $A=16\pi a^2$       5. 336 cm<sup>2</sup>

Exercício n.º 9

1. a)  $A_1=37,7k^2$  e  $A_7=62,8k^2$ ;      b)  $A_1=195,9$  m<sup>2</sup> e  $A_7=271,3$  cm<sup>2</sup>.  
2. a)  $A_1=188,5$  dm<sup>2</sup> e  $A_7=267$  dm<sup>2</sup>.      b)  $A_1=66k^2$  e  $A_7=94,2k^2$ .      3. São iguais.      4.  $V=4\sqrt{3}$  cm<sup>3</sup>  
5.  $h=1,6$  m      6. a)  $V=113,1$  cm<sup>3</sup>      b)  $V=268,1$  cm<sup>3</sup>      c)  $V=113,1k^3$  cm<sup>3</sup>      d)  $V=37,7$  cm<sup>3</sup>      7.  $\frac{\pi}{4}x^3$

Avaliação formativa

1. (A)      2. (A) e (D).      3. a) A Lufa tem razão.      b) 9      c) 6  
5. a)  $a=6$  cm,  $b=8$  cm e  $c=24$  cm;      b)  $a=9$  cm,  $b=12$  cm,  $c=36$  cm e  $D=39$  cm.  
6. a) 6, 24 e 54. Aumenta 4 vezes ( $2^2$ ). Aumenta 9 vezes ( $3^2$ ).      b) 1, 8 e 27. Aumenta 8 vezes ( $2^3$ ). Aumenta 27 vezes ( $3^3$ ).  
7. 108 cm<sup>2</sup>      8.  $6\sqrt{2}$  cm      9.  $27\pi$  cm<sup>2</sup>  
10. a)  $\frac{3}{2}$       b) 1

| Cones | raio | altura      | geratriz     | Área lateral       | Área total             | Volume                    |
|-------|------|-------------|--------------|--------------------|------------------------|---------------------------|
| A     | 6    | 8           | 10           | $60\pi$            | $96\pi$                | $96\pi$                   |
| B     | 5    | 12          | 13           | $65\pi$            | $90\pi$                | $100\pi$                  |
| C     | 2    | $4\sqrt{2}$ | 6            | $12\pi$            | $16\pi$                | $\frac{16\sqrt{2}}{3}\pi$ |
| D     | 5    | 12          | 13           | $65\pi$            | $90\pi$                | $100\pi$                  |
| E     | $k$  | $3k$        | $\sqrt{10}k$ | $\sqrt{10}\pi k^2$ | $(1+\sqrt{10})\pi k^2$ | $\pi k^3$                 |



# Tábua de raízes quadradas n.º 2: números 10,0 a 99,9

|    | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10 | 3,1623 | 3,1780 | 3,1937 | 3,2094 | 3,2249 | 3,2404 | 3,2558 | 3,2711 | 3,2863 | 3,3015 |
| 11 | 3,3166 | 3,3317 | 3,3466 | 3,3615 | 3,3764 | 3,3912 | 3,4059 | 3,4205 | 3,4351 | 3,4496 |
| 12 | 3,4641 | 3,4785 | 3,4928 | 3,5071 | 3,5214 | 3,5355 | 3,5496 | 3,5637 | 3,5777 | 3,5917 |
| 13 | 3,6056 | 3,6194 | 3,6332 | 3,6469 | 3,6606 | 3,6742 | 3,6878 | 3,7014 | 3,7148 | 3,7283 |
| 14 | 3,7417 | 3,7550 | 3,7683 | 3,7815 | 3,7947 | 3,8079 | 3,8210 | 3,8341 | 3,8471 | 3,8601 |
| 15 | 3,8730 | 3,8859 | 3,8987 | 3,9115 | 3,9243 | 3,9370 | 3,9497 | 3,9623 | 3,9749 | 3,9875 |
| 16 | 4,0000 | 4,0125 | 4,0249 | 4,0373 | 4,0497 | 4,0620 | 4,0743 | 4,0866 | 4,0988 | 4,1110 |
| 17 | 4,1231 | 4,1352 | 4,1473 | 4,1593 | 4,1713 | 4,1833 | 4,1952 | 4,2071 | 4,2190 | 4,2308 |
| 18 | 4,2426 | 4,2544 | 4,2661 | 4,2778 | 4,2895 | 4,3012 | 4,3128 | 4,3243 | 4,3359 | 4,3474 |
| 19 | 4,3589 | 4,3704 | 4,3818 | 4,3932 | 4,4045 | 4,4159 | 4,4272 | 4,4385 | 4,4497 | 4,4609 |
| 20 | 4,4721 | 4,4833 | 4,4944 | 4,5056 | 4,5166 | 4,5277 | 4,5387 | 4,5497 | 4,5607 | 4,5717 |
| 21 | 4,5826 | 4,5935 | 4,6043 | 4,6152 | 4,6260 | 4,6368 | 4,6476 | 4,6583 | 4,6690 | 4,6797 |
| 22 | 4,6904 | 4,7011 | 4,7117 | 4,7223 | 4,7329 | 4,7434 | 4,7539 | 4,7645 | 4,7749 | 4,7854 |
| 23 | 4,7958 | 4,8062 | 4,8166 | 4,8270 | 4,8374 | 4,8477 | 4,8580 | 4,8683 | 4,8785 | 4,8888 |
| 24 | 4,8990 | 4,9092 | 4,9193 | 4,9295 | 4,9396 | 4,9497 | 4,9598 | 4,9699 | 4,9800 | 4,9900 |
| 25 | 5,0000 | 5,0100 | 5,0200 | 5,0299 | 5,0398 | 5,0498 | 5,0596 | 5,0695 | 5,0794 | 5,0892 |
| 26 | 5,0990 | 5,1088 | 5,1186 | 5,1284 | 5,1381 | 5,1478 | 5,1575 | 5,1672 | 5,1769 | 5,1865 |
| 27 | 5,1962 | 5,2058 | 5,2154 | 5,2249 | 5,2345 | 5,2440 | 5,2536 | 5,2631 | 5,2726 | 5,2820 |
| 28 | 5,2915 | 5,3009 | 5,3104 | 5,3198 | 5,3292 | 5,3385 | 5,3479 | 5,3572 | 5,3666 | 5,3759 |
| 29 | 5,3852 | 5,3944 | 5,4037 | 5,4129 | 5,4222 | 5,4314 | 5,4406 | 5,4498 | 5,4589 | 5,4681 |
| 30 | 5,4772 | 5,4863 | 5,4955 | 5,5045 | 5,5138 | 5,5227 | 5,5317 | 5,5408 | 5,5498 | 5,5588 |
| 31 | 5,5678 | 5,5767 | 5,5857 | 5,5946 | 5,6036 | 5,6125 | 5,6214 | 5,6303 | 5,6391 | 5,6480 |
| 32 | 5,6569 | 5,6657 | 5,6745 | 5,6833 | 5,6921 | 5,7009 | 5,7096 | 5,7184 | 5,7271 | 5,7359 |
| 33 | 5,7446 | 5,7533 | 5,7619 | 5,7706 | 5,7793 | 5,7879 | 5,7966 | 5,8052 | 5,8138 | 5,8224 |
| 34 | 5,8310 | 5,8395 | 5,8481 | 5,8566 | 5,8652 | 5,8737 | 5,8822 | 5,8907 | 5,8992 | 5,9076 |
| 35 | 5,9161 | 5,9245 | 5,9330 | 5,9414 | 5,9498 | 5,9582 | 5,9666 | 5,9749 | 5,9833 | 5,9917 |
| 36 | 6,0000 | 6,0083 | 6,0166 | 6,0249 | 6,0332 | 6,0415 | 6,0498 | 6,0581 | 6,0663 | 6,0745 |
| 37 | 6,0828 | 6,0910 | 6,0992 | 6,1074 | 6,1156 | 6,1237 | 6,1319 | 6,1400 | 6,1482 | 6,1563 |
| 38 | 6,1644 | 6,1725 | 6,1806 | 6,1887 | 6,1968 | 6,2048 | 6,2129 | 6,2209 | 6,2290 | 6,2370 |
| 39 | 6,2450 | 6,2530 | 6,2610 | 6,2690 | 6,2769 | 6,2849 | 6,2929 | 6,3008 | 6,3087 | 6,3166 |
| 40 | 6,3246 | 6,3325 | 6,3403 | 6,3482 | 6,3561 | 6,3640 | 6,3718 | 6,3797 | 6,3875 | 6,3953 |
| 41 | 6,4031 | 6,4109 | 6,4187 | 6,4265 | 6,4343 | 6,4420 | 6,4498 | 6,4576 | 6,4653 | 6,4730 |
| 42 | 6,4807 | 6,4885 | 6,4962 | 6,5038 | 6,5115 | 6,5192 | 6,5269 | 6,5345 | 6,5422 | 6,5498 |
| 43 | 6,5574 | 6,5651 | 6,5727 | 6,5803 | 6,5879 | 6,5955 | 6,6030 | 6,6106 | 6,6182 | 6,6257 |
| 44 | 6,6332 | 6,6408 | 6,6483 | 6,6558 | 6,6633 | 6,6708 | 6,6783 | 6,6858 | 6,6933 | 6,7007 |
| 45 | 6,7082 | 6,7157 | 6,7231 | 6,7305 | 6,7380 | 6,7454 | 6,7528 | 6,7602 | 6,7676 | 6,7750 |
| 46 | 6,7823 | 6,7897 | 6,7971 | 6,8044 | 6,8118 | 6,8191 | 6,8264 | 6,8337 | 6,8411 | 6,8484 |
| 47 | 6,8557 | 6,8629 | 6,8702 | 6,8775 | 6,8848 | 6,8920 | 6,8993 | 6,9065 | 6,9138 | 6,9210 |
| 48 | 6,9282 | 6,9354 | 6,9426 | 6,9498 | 6,9570 | 6,9642 | 6,9714 | 6,9785 | 6,9857 | 6,9929 |
| 49 | 7,0000 | 7,0071 | 7,0143 | 7,0214 | 7,0285 | 7,0356 | 7,0427 | 7,0498 | 7,0569 | 7,0640 |
| 50 | 7,0711 | 7,0781 | 7,0852 | 7,0922 | 7,0993 | 7,1063 | 7,1134 | 7,1204 | 7,1274 | 7,1344 |
| 51 | 7,1414 | 7,1484 | 7,1554 | 7,1624 | 7,1694 | 7,1764 | 7,1833 | 7,1903 | 7,1972 | 7,2042 |
| 52 | 7,2111 | 7,2180 | 7,2250 | 7,2319 | 7,2388 | 7,2457 | 7,2526 | 7,2595 | 7,2664 | 7,2732 |
| 53 | 7,2801 | 7,2870 | 7,2938 | 7,3007 | 7,3075 | 7,3144 | 7,3212 | 7,3280 | 7,3348 | 7,3417 |
| 54 | 7,3485 | 7,3553 | 7,3621 | 7,3689 | 7,3756 | 7,3824 | 7,3892 | 7,3959 | 7,4027 | 7,4095 |

|    | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 55 | 7,4162 | 7,4229 | 7,4297 | 7,4364 | 7,4431 | 7,4498 | 7,4565 | 7,4632 | 7,4699 | 7,4766 |
| 56 | 7,4833 | 7,4900 | 7,4967 | 7,5033 | 7,5100 | 7,5166 | 7,5233 | 7,5299 | 7,5366 | 7,5432 |
| 57 | 7,5498 | 7,5565 | 7,5631 | 7,5697 | 7,5763 | 7,5829 | 7,5895 | 7,5961 | 7,6026 | 7,6092 |
| 58 | 7,6158 | 7,6223 | 7,6289 | 7,6354 | 7,6420 | 7,6485 | 7,6551 | 7,6616 | 7,6681 | 7,6746 |
| 59 | 7,6811 | 7,6877 | 7,6942 | 7,7006 | 7,7071 | 7,7136 | 7,7201 | 7,7266 | 7,7330 | 7,7395 |
| 60 | 7,7460 | 7,7524 | 7,7589 | 7,7653 | 7,7717 | 7,7782 | 7,7846 | 7,7910 | 7,7974 | 7,8038 |
| 61 | 7,8102 | 7,8166 | 7,8230 | 7,8294 | 7,8358 | 7,8422 | 7,8486 | 7,8549 | 7,8613 | 7,8677 |
| 62 | 7,8740 | 7,8804 | 7,8867 | 7,8930 | 7,8994 | 7,9057 | 7,9120 | 7,9183 | 7,9246 | 7,9310 |
| 63 | 7,9373 | 7,9436 | 7,9498 | 7,9561 | 7,9624 | 7,9687 | 7,9750 | 7,9812 | 7,9875 | 7,9937 |
| 64 | 8,0000 | 8,0062 | 8,0125 | 8,0187 | 8,0250 | 8,0312 | 8,0374 | 8,0436 | 8,0498 | 8,0561 |
| 65 | 8,0623 | 8,0685 | 8,0747 | 8,0808 | 8,0870 | 8,0932 | 8,0994 | 8,1056 | 8,1117 | 8,1179 |
| 66 | 8,1240 | 8,1302 | 8,1363 | 8,1425 | 8,1486 | 8,1548 | 8,1609 | 8,1670 | 8,1731 | 8,1792 |
| 67 | 8,1854 | 8,1915 | 8,1976 | 8,2037 | 8,2098 | 8,2158 | 8,2219 | 8,2280 | 8,2341 | 8,2401 |
| 68 | 8,2462 | 8,2523 | 8,2583 | 8,2644 | 8,2704 | 8,2765 | 8,2825 | 8,2885 | 8,2946 | 8,3006 |
| 69 | 8,3066 | 8,3126 | 8,3187 | 8,3247 | 8,3307 | 8,3367 | 8,3427 | 8,3487 | 8,3546 | 8,3606 |
| 70 | 8,3666 | 8,3726 | 8,3785 | 8,3845 | 8,3905 | 8,3964 | 8,4024 | 8,4083 | 8,4143 | 8,4202 |
| 71 | 8,4261 | 8,4321 | 8,4380 | 8,4439 | 8,4499 | 8,4558 | 8,4617 | 8,4676 | 8,4735 | 8,4794 |
| 72 | 8,4853 | 8,4912 | 8,4971 | 8,5029 | 8,5088 | 8,5147 | 8,5206 | 8,5264 | 8,5323 | 8,5381 |
| 73 | 8,5440 | 8,5499 | 8,5557 | 8,5615 | 8,5674 | 8,5732 | 8,5790 | 8,5849 | 8,5907 | 8,5965 |
| 74 | 8,6023 | 8,6081 | 8,6139 | 8,6197 | 8,6255 | 8,6313 | 8,6371 | 8,6429 | 8,6487 | 8,6545 |
| 75 | 8,6603 | 8,6660 | 8,6718 | 8,6776 | 8,6833 | 8,6891 | 8,6948 | 8,7006 | 8,7063 | 8,7121 |
| 76 | 8,7178 | 8,7235 | 8,7293 | 8,7350 | 8,7407 | 8,7464 | 8,7521 | 8,7579 | 8,7636 | 8,7693 |
| 77 | 8,7750 | 8,7807 | 8,7864 | 8,7920 | 8,7977 | 8,8034 | 8,8091 | 8,8148 | 8,8204 | 8,8261 |
| 78 | 8,8318 | 8,8374 | 8,8431 | 8,8487 | 8,8544 | 8,8600 | 8,8657 | 8,8713 | 8,8769 | 8,8826 |
| 79 | 8,8882 | 8,8938 | 8,8994 | 8,9051 | 8,9107 | 8,9163 | 8,9219 | 8,9275 | 8,9331 | 8,9387 |
| 80 | 8,9443 | 8,9499 | 8,9554 | 8,9610 | 8,9666 | 8,9722 | 8,9778 | 8,9833 | 8,9889 | 8,9944 |
| 81 | 9,0000 | 9,0056 | 9,0111 | 9,0167 | 9,0222 | 9,0277 | 9,0333 | 9,0388 | 9,0443 | 9,0499 |
| 82 | 9,0554 | 9,0609 | 9,0664 | 9,0719 | 9,0774 | 9,0830 | 9,0885 | 9,0940 | 9,0995 | 9,1049 |
| 83 | 9,1104 | 9,1159 | 9,1214 | 9,1269 | 9,1324 | 9,1378 | 9,1433 | 9,1488 | 9,1542 | 9,1597 |
| 84 | 9,1652 | 9,1706 | 9,1761 | 9,1815 | 9,1869 | 9,1924 | 9,1978 | 9,2033 | 9,2087 | 9,2141 |
| 85 | 9,2195 | 9,2250 | 9,2304 | 9,2358 | 9,2412 | 9,2466 | 9,2520 | 9,2574 | 9,2628 | 9,2682 |
| 86 | 9,2736 | 9,2790 | 9,2844 | 9,2898 | 9,2952 | 9,3005 | 9,3059 | 9,3113 | 9,3167 | 9,3220 |
| 87 | 9,3274 | 9,3327 | 9,3381 | 9,3434 | 9,3488 | 9,3541 | 9,3595 | 9,3648 | 9,3702 | 9,3755 |
| 88 | 9,3808 | 9,3862 | 9,3915 | 9,3968 | 9,4021 | 9,4074 | 9,4128 | 9,4181 | 9,4234 | 9,4287 |
| 89 | 9,4340 | 9,4393 | 9,4446 | 9,4499 | 9,4552 | 9,4604 | 9,4657 | 9,4710 | 9,4763 | 9,4816 |
| 90 | 9,4868 | 9,4921 | 9,4974 | 9,5026 | 9,5079 | 9,5131 | 9,5184 | 9,5237 | 9,5289 | 9,5341 |
| 91 | 9,5394 | 9,5446 | 9,5499 | 9,5551 | 9,5603 | 9,5656 | 9,5708 | 9,5760 | 9,5812 | 9,5864 |
| 92 | 9,5917 | 9,5969 | 9,6021 | 9,6073 | 9,6125 | 9,6177 | 9,6229 | 9,6281 | 9,6333 | 9,6385 |
| 93 | 9,6437 | 9,6488 | 9,6540 | 9,6592 | 9,6644 | 9,6695 | 9,6747 | 9,6799 | 9,6850 | 9,6902 |
| 94 | 9,6954 | 9,7005 | 9,7057 | 9,7108 | 9,7160 | 9,7211 | 9,7263 | 9,7314 | 9,7365 | 9,7417 |
| 95 | 9,7468 | 9,7519 | 9,7570 | 9,7622 | 9,7673 | 9,7724 | 9,7775 | 9,7826 | 9,7877 | 9,7929 |
| 96 | 9,7980 | 9,8031 | 9,8082 | 9,8133 | 9,8184 | 9,8234 | 9,8285 | 9,8336 | 9,8387 | 9,8438 |
| 97 | 9,8489 | 9,8539 | 9,8590 | 9,8641 | 9,8691 | 9,8742 | 9,8793 | 9,8843 | 9,8894 | 9,8944 |
| 98 | 9,8995 | 9,9045 | 9,9096 | 9,9146 | 9,9197 | 9,9247 | 9,9298 | 9,9348 | 9,9398 | 9,9448 |
| 99 | 9,9499 | 9,9549 | 9,9599 | 9,9649 | 9,9700 | 9,9750 | 9,9800 | 9,9850 | 9,9900 | 9,9950 |



# Tábua de raízes cúbicas: números 0 a 499

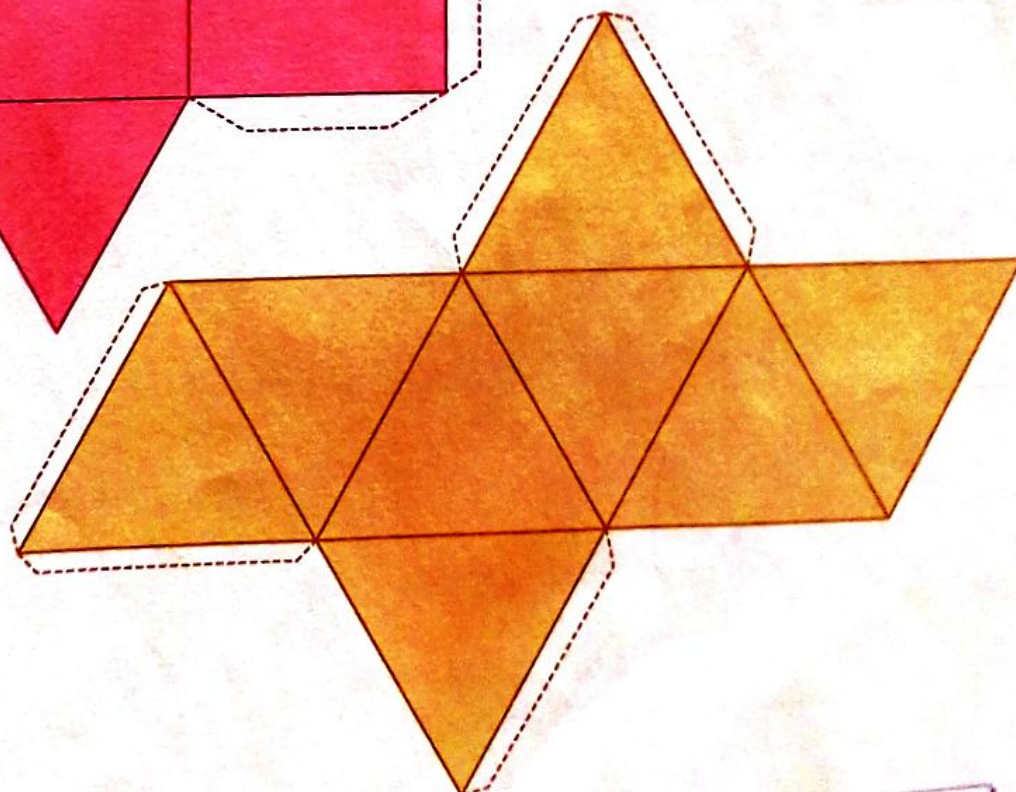
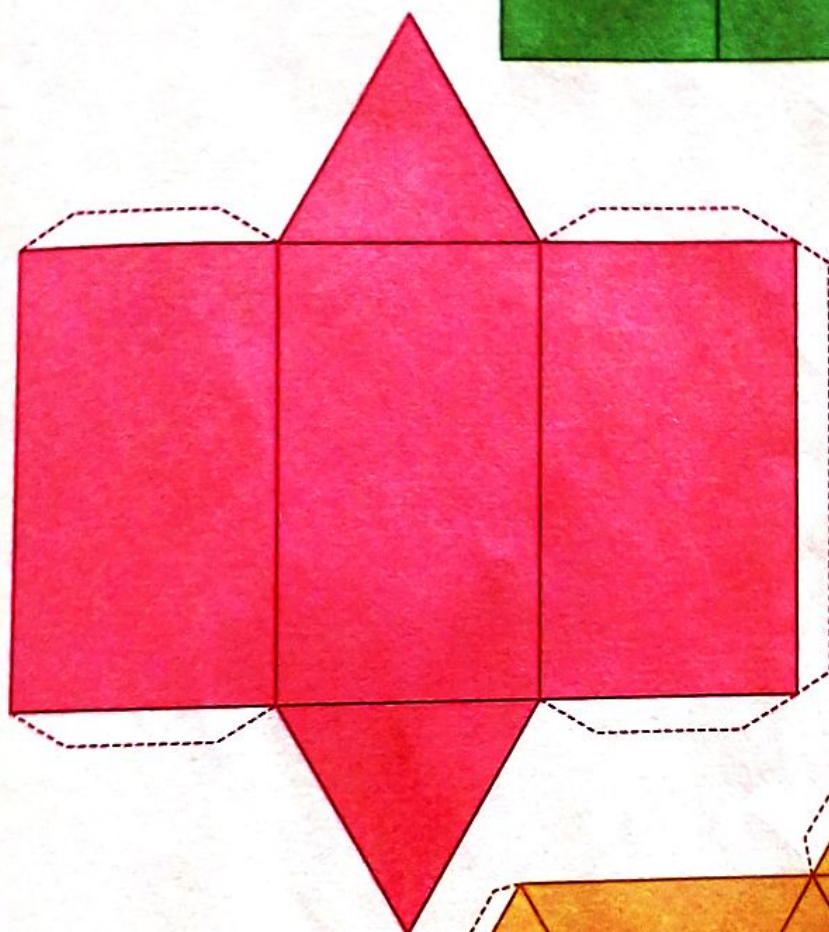
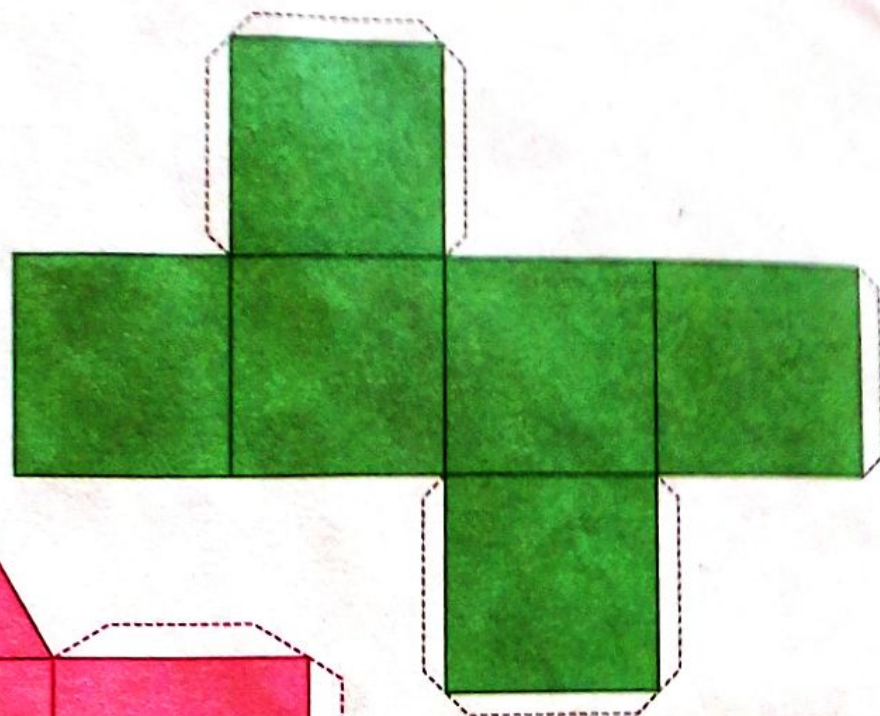
|    | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0  | 0,0000 | 1,0000 | 1,2599 | 1,4422 | 1,5874 | 1,7100 | 1,8171 | 1,9129 | 2,0000 | 2,0801 |
| 1  | 2,1544 | 2,2240 | 2,2894 | 2,3513 | 2,4101 | 2,4662 | 2,5198 | 2,5713 | 2,6207 | 2,6684 |
| 2  | 2,7144 | 2,7589 | 2,8020 | 2,8439 | 2,8845 | 2,9240 | 2,9625 | 3,0000 | 3,0366 | 3,0723 |
| 3  | 3,1072 | 3,1414 | 3,1748 | 3,2075 | 3,2396 | 3,2711 | 3,3019 | 3,3322 | 3,3620 | 3,3912 |
| 4  | 3,4200 | 3,4482 | 3,4760 | 3,5034 | 3,5303 | 3,5569 | 3,5830 | 3,6088 | 3,6342 | 3,6593 |
| 5  | 3,6840 | 3,7084 | 3,7325 | 3,7563 | 3,7798 | 3,8030 | 3,8259 | 3,8485 | 3,8709 | 3,8930 |
| 6  | 3,9149 | 3,9365 | 3,9579 | 3,9791 | 4,0000 | 4,0207 | 4,0412 | 4,0615 | 4,0817 | 4,1016 |
| 7  | 4,1213 | 4,1408 | 4,1602 | 4,1793 | 4,1983 | 4,2172 | 4,2358 | 4,2543 | 4,2727 | 4,2908 |
| 8  | 4,3089 | 4,3267 | 4,3445 | 4,3621 | 4,3795 | 4,3968 | 4,4140 | 4,4310 | 4,4480 | 4,4647 |
| 9  | 4,4814 | 4,4979 | 4,5144 | 4,5307 | 4,5468 | 4,5629 | 4,5789 | 4,5947 | 4,6104 | 4,6261 |
| 10 | 4,6416 | 4,6570 | 4,6723 | 4,6875 | 4,7027 | 4,7177 | 4,7326 | 4,7475 | 4,7622 | 4,7769 |
| 11 | 4,7914 | 4,8059 | 4,8203 | 4,8346 | 4,8488 | 4,8629 | 4,8770 | 4,8910 | 4,9049 | 4,9187 |
| 12 | 4,9324 | 4,9461 | 4,9597 | 4,9732 | 4,9866 | 5,0000 | 5,0133 | 5,0265 | 5,0397 | 5,0528 |
| 13 | 5,0658 | 5,0788 | 5,0916 | 5,1045 | 5,1172 | 5,1299 | 5,1426 | 5,1551 | 5,1676 | 5,1801 |
| 14 | 5,1925 | 5,2048 | 5,2171 | 5,2293 | 5,2415 | 5,2536 | 5,2656 | 5,2776 | 5,2896 | 5,3015 |
| 15 | 5,3133 | 5,3251 | 5,3368 | 5,3485 | 5,3601 | 5,3717 | 5,3832 | 5,3947 | 5,4061 | 5,4175 |
| 16 | 5,4288 | 5,4401 | 5,4514 | 5,4626 | 5,4737 | 5,4848 | 5,4959 | 5,5069 | 5,5178 | 5,5288 |
| 17 | 5,5397 | 5,5505 | 5,5613 | 5,5721 | 5,5828 | 5,5934 | 5,6041 | 5,6147 | 5,6252 | 5,6357 |
| 18 | 5,6462 | 5,6567 | 5,6671 | 5,6774 | 5,6877 | 5,6980 | 5,7083 | 5,7185 | 5,7287 | 5,7388 |
| 19 | 5,7489 | 5,7590 | 5,7690 | 5,7790 | 5,7890 | 5,7989 | 5,8088 | 5,8186 | 5,8285 | 5,8383 |
| 20 | 5,8480 | 5,8578 | 5,8675 | 5,8771 | 5,8868 | 5,8964 | 5,9059 | 5,9155 | 5,9250 | 5,9345 |
| 21 | 5,9439 | 5,9533 | 5,9627 | 5,9721 | 5,9814 | 5,9907 | 6,0000 | 6,0092 | 6,0185 | 6,0277 |
| 22 | 6,0368 | 6,0459 | 6,0550 | 6,0641 | 6,0732 | 6,0822 | 6,0912 | 6,1002 | 6,1091 | 6,1180 |
| 23 | 6,1269 | 6,1358 | 6,1446 | 6,1534 | 6,1622 | 6,1710 | 6,1797 | 6,1885 | 6,1972 | 6,2058 |
| 24 | 6,2145 | 6,2231 | 6,2317 | 6,2403 | 6,2488 | 6,2573 | 6,2658 | 6,2743 | 6,2828 | 6,2912 |
| 25 | 6,2996 | 6,3080 | 6,3164 | 6,3247 | 6,3330 | 6,3413 | 6,3496 | 6,3579 | 6,3661 | 6,3743 |
| 26 | 6,3825 | 6,3907 | 6,3988 | 6,4070 | 6,4151 | 6,4232 | 6,4312 | 6,4393 | 6,4473 | 6,4553 |
| 27 | 6,4633 | 6,4713 | 6,4792 | 6,4872 | 6,4951 | 6,5030 | 6,5108 | 6,5187 | 6,5265 | 6,5343 |
| 28 | 6,5421 | 6,5499 | 6,5577 | 6,5654 | 6,5731 | 6,5808 | 6,5885 | 6,5962 | 6,6039 | 6,6115 |
| 29 | 6,6191 | 6,6267 | 6,6343 | 6,6419 | 6,6494 | 6,6569 | 6,6644 | 6,6719 | 6,6794 | 6,6869 |
| 30 | 6,6943 | 6,7018 | 6,7092 | 6,7166 | 6,7240 | 6,7313 | 6,7387 | 6,7460 | 6,7533 | 6,7606 |
| 31 | 6,7679 | 6,7752 | 6,7824 | 6,7897 | 6,7969 | 6,8041 | 6,8113 | 6,8185 | 6,8256 | 6,8328 |
| 32 | 6,8399 | 6,8470 | 6,8541 | 6,8612 | 6,8683 | 6,8753 | 6,8824 | 6,8894 | 6,8964 | 6,9034 |
| 33 | 6,9104 | 6,9174 | 6,9244 | 6,9313 | 6,9382 | 6,9451 | 6,9521 | 6,9589 | 6,9658 | 6,9727 |
| 34 | 6,9795 | 6,9864 | 6,9932 | 7,0000 | 7,0068 | 7,0136 | 7,0203 | 7,0271 | 7,0338 | 7,0406 |
| 35 | 7,0473 | 7,0540 | 7,0607 | 7,0674 | 7,0740 | 7,0807 | 7,0873 | 7,0940 | 7,1006 | 7,1072 |
| 36 | 7,1138 | 7,1204 | 7,1269 | 7,1335 | 7,1400 | 7,1466 | 7,1531 | 7,1596 | 7,1661 | 7,1726 |
| 37 | 7,1791 | 7,1855 | 7,1920 | 7,1984 | 7,2048 | 7,2112 | 7,2177 | 7,2240 | 7,2304 | 7,2368 |
| 38 | 7,2432 | 7,2495 | 7,2558 | 7,2622 | 7,2685 | 7,2748 | 7,2811 | 7,2874 | 7,2936 | 7,2999 |
| 39 | 7,3061 | 7,3124 | 7,3186 | 7,3248 | 7,3310 | 7,3372 | 7,3434 | 7,3496 | 7,3558 | 7,3619 |
| 40 | 7,3681 | 7,3742 | 7,3803 | 7,3864 | 7,3925 | 7,3986 | 7,4047 | 7,4108 | 7,4169 | 7,4229 |
| 41 | 7,4290 | 7,4350 | 7,4410 | 7,4470 | 7,4530 | 7,4590 | 7,4650 | 7,4710 | 7,4770 | 7,4829 |
| 42 | 7,4889 | 7,4948 | 7,5007 | 7,5067 | 7,5126 | 7,5185 | 7,5244 | 7,5302 | 7,5361 | 7,5420 |
| 43 | 7,5478 | 7,5537 | 7,5595 | 7,5654 | 7,5712 | 7,5770 | 7,5828 | 7,5886 | 7,5944 | 7,6001 |
| 44 | 7,6059 | 7,6117 | 7,6174 | 7,6232 | 7,6289 | 7,6346 | 7,6403 | 7,6460 | 7,6517 | 7,6574 |
| 45 | 7,6631 | 7,6688 | 7,6744 | 7,6801 | 7,6857 | 7,6914 | 7,6970 | 7,7026 | 7,7082 | 7,7138 |
| 46 | 7,7194 | 7,7250 | 7,7306 | 7,7362 | 7,7418 | 7,7473 | 7,7529 | 7,7584 | 7,7639 | 7,7695 |
| 47 | 7,7750 | 7,7805 | 7,7860 | 7,7915 | 7,7970 | 7,8025 | 7,8079 | 7,8134 | 7,8188 | 7,8243 |
| 48 | 7,8297 | 7,8352 | 7,8406 | 7,8460 | 7,8514 | 7,8568 | 7,8622 | 7,8676 | 7,8730 | 7,8784 |
| 49 | 7,8837 | 7,8891 | 7,8944 | 7,8998 | 7,9051 | 7,9105 | 7,9158 | 7,9211 | 7,9264 | 7,9317 |

# Tábua de quadrados: números 0 a 499

|    | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0  | 0      | 1      | 4      | 9      | 16     | 25     | 36     | 49     | 64     | 81     |
| 1  | 100    | 121    | 144    | 169    | 196    | 225    | 256    | 289    | 324    | 361    |
| 2  | 400    | 441    | 484    | 529    | 576    | 625    | 676    | 729    | 784    | 841    |
| 3  | 900    | 961    | 1024   | 1089   | 1156   | 1225   | 1296   | 1369   | 1444   | 1521   |
| 4  | 1600   | 1681   | 1764   | 1849   | 1936   | 2025   | 2116   | 2209   | 2304   | 2401   |
| 5  | 2500   | 2601   | 2704   | 2809   | 2916   | 3025   | 3136   | 3249   | 3364   | 3481   |
| 6  | 3600   | 3721   | 3844   | 3969   | 4096   | 4225   | 4356   | 4489   | 4624   | 4761   |
| 7  | 4900   | 5041   | 5184   | 5329   | 5476   | 5625   | 5776   | 5929   | 6084   | 6241   |
| 8  | 6400   | 6561   | 6724   | 6889   | 7056   | 7225   | 7396   | 7569   | 7744   | 7921   |
| 9  | 8100   | 8281   | 8464   | 8649   | 8836   | 9025   | 9216   | 9409   | 9604   | 9801   |
| 10 | 10000  | 10201  | 10404  | 10609  | 10816  | 11025  | 11236  | 11449  | 11664  | 11881  |
| 11 | 12100  | 12321  | 12544  | 12769  | 12996  | 13225  | 13456  | 13689  | 13924  | 14161  |
| 12 | 14400  | 14641  | 14884  | 15129  | 15376  | 15625  | 15876  | 16129  | 16384  | 16641  |
| 13 | 16900  | 17161  | 17424  | 17689  | 17956  | 18225  | 18496  | 18769  | 19044  | 19321  |
| 14 | 19600  | 19881  | 20164  | 20449  | 20736  | 21025  | 21316  | 21609  | 21904  | 22201  |
| 15 | 22500  | 22801  | 23104  | 23409  | 23716  | 24025  | 24336  | 24649  | 24964  | 25281  |
| 16 | 25600  | 25921  | 26244  | 26569  | 26896  | 27225  | 27556  | 27889  | 28224  | 28561  |
| 17 | 28900  | 29241  | 29584  | 29929  | 30276  | 30625  | 30976  | 31329  | 31684  | 32041  |
| 18 | 32400  | 32761  | 33124  | 33489  | 33856  | 34225  | 34596  | 34969  | 35344  | 35721  |
| 19 | 36100  | 36481  | 36864  | 37249  | 37636  | 38025  | 38416  | 38809  | 39204  | 39601  |
| 20 | 40000  | 40401  | 40804  | 41209  | 41616  | 42025  | 42436  | 42849  | 43264  | 43681  |
| 21 | 44100  | 44521  | 44944  | 45369  | 45796  | 46225  | 46656  | 47089  | 47524  | 47961  |
| 22 | 48400  | 48841  | 49284  | 49729  | 50176  | 50625  | 51076  | 51529  | 51984  | 52441  |
| 23 | 52900  | 53361  | 53824  | 54289  | 54756  | 55225  | 55696  | 56169  | 56644  | 57121  |
| 24 | 57600  | 58081  | 58564  | 59049  | 59536  | 60025  | 60516  | 61009  | 61504  | 62001  |
| 25 | 62500  | 63001  | 63504  | 64009  | 64516  | 65025  | 65536  | 66049  | 66564  | 67081  |
| 26 | 67600  | 68121  | 68644  | 69169  | 69696  | 70225  | 70756  | 71289  | 71824  | 72361  |
| 27 | 72900  | 73441  | 73984  | 74529  | 75076  | 75625  | 76176  | 76729  | 77284  | 77841  |
| 28 | 78400  | 78961  | 79524  | 80089  | 80656  | 81225  | 81796  | 82369  | 82944  | 83521  |
| 29 | 84100  | 84681  | 85264  | 85849  | 86436  | 87025  | 87616  | 88209  | 88804  | 89401  |
| 30 | 90000  | 90601  | 91204  | 91809  | 92416  | 93025  | 93636  | 94249  | 94864  | 95481  |
| 31 | 96100  | 96721  | 97344  | 97969  | 98596  | 99225  | 99856  | 100489 | 101124 | 101761 |
| 32 | 102400 | 103041 | 103684 | 104329 | 104976 | 105625 | 106276 | 106929 | 107584 | 108241 |
| 33 | 108900 | 109561 | 110224 | 110889 | 111556 | 112225 | 112896 | 113569 | 114244 | 114921 |
| 34 | 115600 | 116281 | 116964 | 117649 | 118336 | 119025 | 119716 | 120409 | 121104 | 121801 |
| 35 | 122500 | 123201 | 123904 | 124609 | 125316 | 126025 | 126736 | 127449 | 128164 | 128881 |
| 36 | 129600 | 130321 | 131044 | 131769 | 132496 | 133225 | 133956 | 134689 | 135424 | 136161 |
| 37 | 136900 | 137641 | 138384 | 139129 | 139876 | 140625 | 141376 | 142129 | 142884 | 143641 |
| 38 | 144400 | 145161 | 145924 | 146689 | 147456 | 148225 | 148996 | 149769 | 150544 | 151321 |
| 39 | 152100 | 152881 | 153664 | 154449 | 155236 | 156025 | 156816 | 157609 | 158404 | 159201 |
| 40 | 160000 | 160801 | 161604 | 162409 | 163216 | 164025 | 164836 | 165649 | 166464 | 167281 |
| 41 | 168100 | 168921 | 169744 | 170569 | 171396 | 172225 | 173056 | 173889 | 174724 | 175561 |
| 42 | 176400 | 177241 | 178084 | 178929 | 179776 | 180625 | 181476 | 182329 | 183184 | 184041 |
| 43 | 184900 | 185761 | 186624 | 187489 | 188356 | 189225 | 190096 | 190969 | 191844 | 192721 |
| 44 | 193600 | 194481 | 195364 | 196249 | 197136 | 198025 | 198916 | 199809 | 200704 | 201601 |
| 45 | 202500 | 203401 | 204304 | 205209 | 206116 | 207025 | 207936 | 208849 | 209764 | 210681 |
| 46 | 211600 | 212521 | 213444 | 214369 | 215296 | 216225 | 217156 | 218089 | 219024 | 219961 |
| 47 | 220900 | 221841 | 222784 | 223729 | 224676 | 225625 | 226576 | 227529 | 228484 | 229441 |
| 48 | 230400 | 231361 | 232324 | 233289 | 234256 | 235225 | 236196 | 237169 | 238144 | 239121 |
| 49 | 240100 | 241081 | 242064 | 243049 | 244036 | 245025 | 246016 | 247009 | 248004 | 249001 |



# PLANIFICAÇÕES DE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS



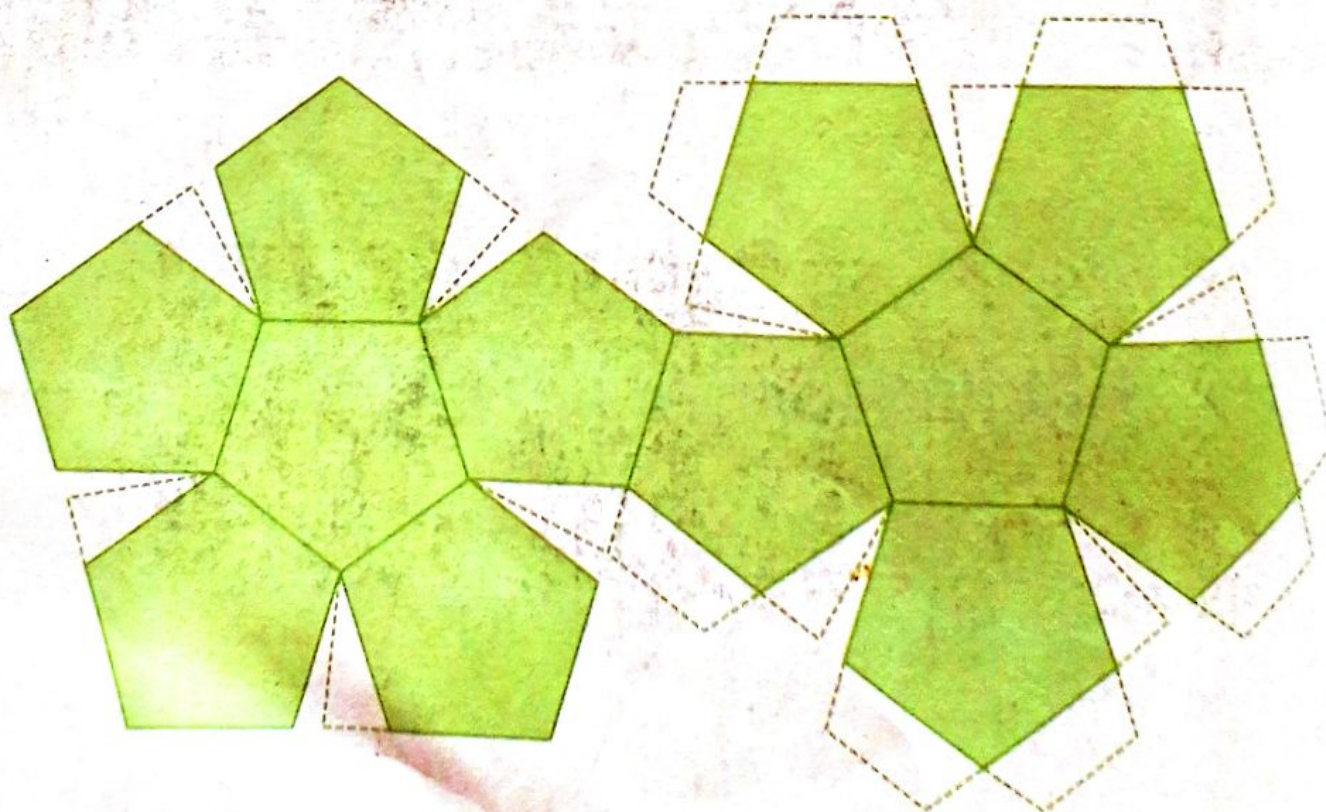
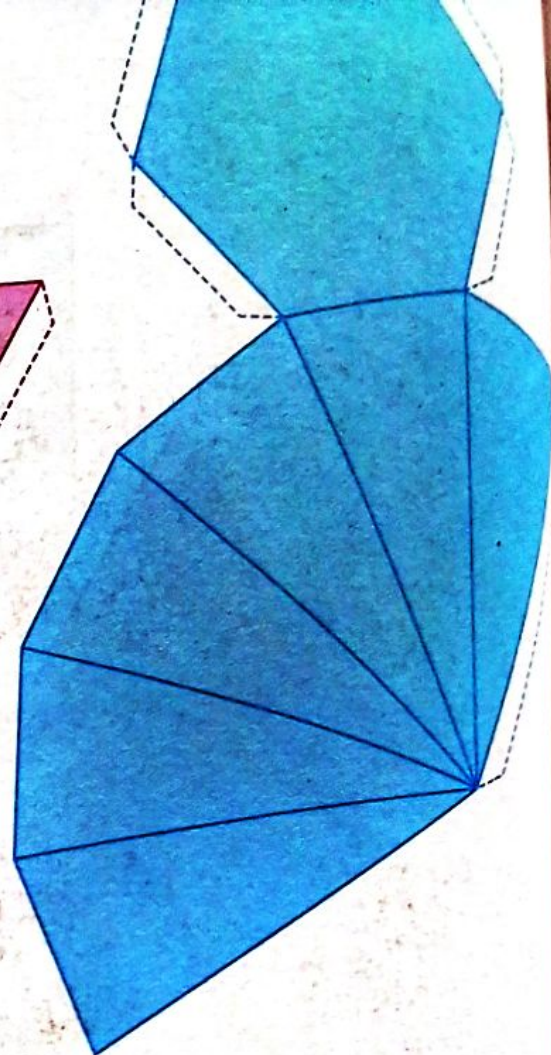
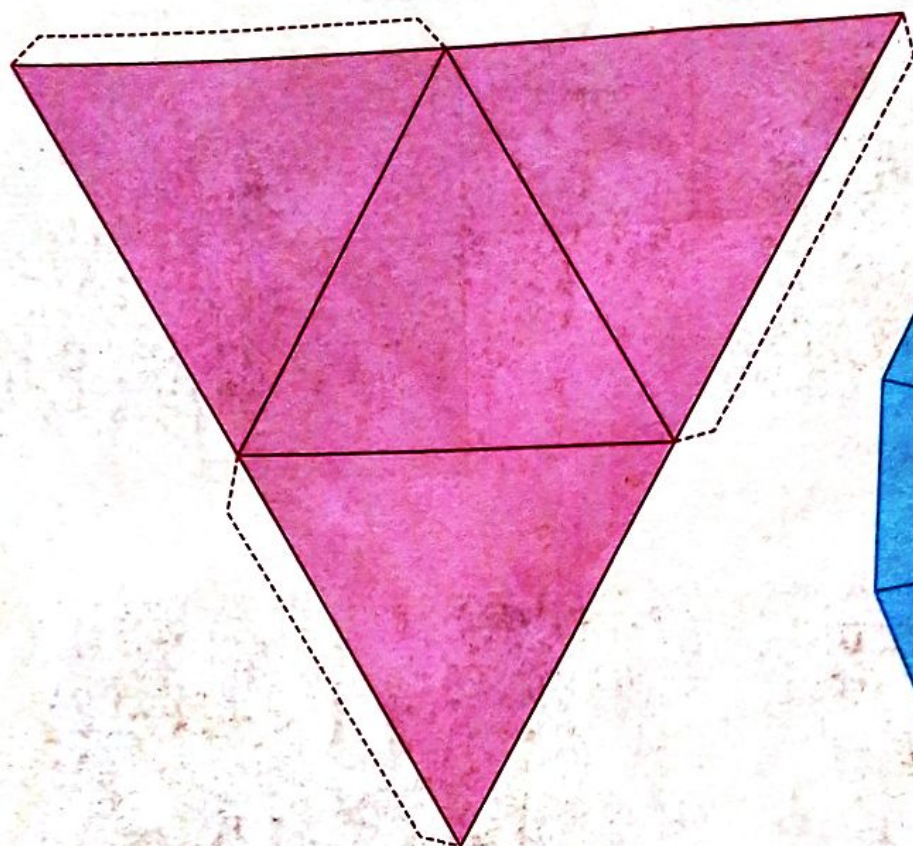
Copie-o e  
planifique-o.

Cole-o em  
cartolina.

Recorte a  
cartolina.

Construa o sólido  
geométrico.





Copie-o e  
planifique-o.



Cole-o em  
cartolina.



Recorte a  
cartolina.



Construa o sólido  
geométrico.



# Símbolos da República de Moçambique

BANDEIRA



EMBLEMA



## HINO NACIONAL

Pátria Amada

Na memória de África e do Mundo,  
Pátria bela dos que ousaram lutar  
Moçambique o teu nome é liberdade  
O sol de Junho para sempre brilhará

Coro

Moçambique nossa terra gloriosa  
pedra a pedra construindo o novo dia  
milhões de braços, uma só força  
ó pátria amada vamos vencer!

Povo unido do Rovuma ao Maputo  
colhe os frutos do combate pela Paz  
cresce o sonho ondulando na Bandeira  
e vai lavrando na certeza do amanhã

Flores brotando do chão do teu suor  
pelos montes, pelos rios, pelo mar  
nós juramos por ti, ó Moçambique:  
nenhum tirano nos irá escravizar



9.<sup>a</sup> classe

## Matemática

Heitor Langa / Neto João Chuquela

LIVRO DO ALUNO